



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**PES EKİNOVARUSLU BEBEKLERDE AŞİL TENOTOMİSİ
SONRASI TENDON İYİLEŞMESİNİN ULTRASONOGRAFİK
SHEAR-WAVE ELASTOGRAFİ İLE İNCELENMESİ**

Dr. Mehmet Afşin KARAOĞLAN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Bahattin Kerem AYDIN

KONYA, 2021

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**PES EKİNOVARUSLU BEBEKLERDE AŞİL TENOTOMİSİ
SONRASI TENDON İYİLEŞMESİNİN ULTRASONOGRAFİK
SHEAR-WAVE ELASTOGRAFİ İLE İNCELENMESİ**

Dr. Mehmet Afşin KARAOĞLAN

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Bahattin Kerem AYDIN

KONYA, 2021

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkıları olan,

Doç. Dr. Bahattin Kerem AYDIN'a, tez danışmanı olarak projenin oluşmasında ve çalışmanın ilerlemesinde yönlendirici olduğu, bilgi ve birikimiyle olduğu kadar manevi desteğiyle de her zaman büyük katkıda bulunduğu için,

Dr. Öğretim Üyesi Sadettin ÇİFTÇİ'ye, asistanlık sürecimiz boyunca önce abimiz sonra da hocamız olarak bilgi ve tecrübesini bizimle paylaştığı, yol gösterici olduğu ve desteğini her zaman hissettirdiği için,

Prof. Dr. Hakan ŞENARAN, Prof. Dr. Mehmet Ali ACAR ve Doç. Dr. Ömer Faruk ERKOÇAK, Dr. Öğretim Üyesi Ali GÜLEÇ hocalarıma, asistanlık süresince verdikleri bilgi, eğitim, disiplin ve iyi bir cerrah olmamda bana yol gösterdikleri için,

Doç. Dr. Ahmet YILDIRIM ve Dr. Öğretim Üyesi Selim SAFALI hocalarıma, eğitimime olan katkıları ve araştırmayı, geliştirmeyi, eğitimi bana öğretti olarak kazandırdıkları için,

Kliniğimizin ameliyathane, poliklinik ve servislerinde çalışan değerli mesai arkadaşlarıma, hemşirelerine, sağlık memurlarına ve personellerine, protez-ortez teknisyenlerine, klinik destek elemanlarına verdikleri emekler için,

Her türlü zorlukta yanımda olan, bana güç ve destek veren, sayesinde daha çok şey başaracağım sevgili eşim Hale'ye, aileme asistanlığımın başında katılarak özlemini her zaman duyduğum, dünyanın en güzel duygularını bana yaşatan canım oğlum Yiğit Alp'e, bu tezi yazarken henüz doğmamış olmasına rağmen sevgisini kalbimde hissettiren canım kızıma ve aileme teşekkür ediyorum.

Son olarak Ortopedi ve Travmatoloji eğitimimde emeği geçmiş tüm değerli abilerime ve meslektaşlarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLolar DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Normal Ayak Anatomisi	4
2.2. Normal Ayak, Ayak Bileği Biyomekaniği ve Yürüyüş Fazları	5
2.3. Patofizyolojik Anatomi	6
2.3.1. Pes Adduktus.....	10
2.3.2. Pes Kavus	11
2.3.3. Varus	12
2.3.4. Ekinus.....	12
2.3.5. Pes Ekinovarus	13
2.4. Etyoloji	14
2.4.1. Genetik ve İntrauterin Faktörler	14
2.4.2. Kasların Histolojik Bozuklukları ve Vasküler Bozukluklar	15
2.4.3. Nöromusküler Altyapı.....	15
2.5. Fizik Muayene	16
2.6. Değerlendirme ve Tanı Koyma	18
2.6.1. Antenatal Ultrason	18
2.6.2. Radyolojik Değerlendirme	19
2.6.3. Fonksiyonel Değerlendirme	20
2.6.4. Klinik Değerlendirme.....	20
2.7. Sınıflandırma	20
2.7.1. Dimeglio Sınıflaması	22
2.7.2. Pirani Skorlaması	23
2.8. Ayırıcı Tanı	26
2.9. Tedavi	26
2.9.1. Cerrahi Tedavi.....	27
2.9.1.1. Cerrahi zamanlaması	27
2.9.1.2. Cerrahisi	27
2.9.1.3. Postoperatif bakım	28
2.9.1.4. Cerrahi tedavinin komplikasyonları	28

2.9.2. Cerrahi Dışı Tedavi	29
2.9.2.1. Kite metodu	30
2.9.2.2. Fransız metodu	31
2.9.2.3. Ponseti metodu (4, 75-77)	31
2.10. Aşıl Tendonu	33
2.10.1. Aşıl Tendonu Anatomisi	33
2.10.2. Aşıl tendonu kanlanması	35
2.10.3. Aşıl tendon histolojisi	37
2.10.4. Tenotomi Tekniği	39
2.10.5. Tenotomi sonrası son alçı	41
2.10.5.1. Alçının uygulaması, çıkarılması ve son alçı	41
2.10.5.2. Ortez uygulanması	43
2.10.6. Konservatif tedavi komplikasyonları	45
2.10.6.1. Alçılama da yapılan hatalara bağlı oluşan komplikasyonlar	45
2.10.6.2. Tenotomiye bağlı komplikasyonlar	48
2.11. Ultrasonografi	51
2.11.1. Sonoelastografi Teknikleri	53
2.11.2. Shear Wave Elastografi	53
3. MATERYAL METOD	56
3.1. Hastaların Seçilmesi	56
3.2. Hastaların Dışlanma Kriterleri	57
3.3. Hastaların Tedavi İzlemleri	57
3.4. Hastaların Tenotomileri	58
3.5. Hastaların Elastografi Tetkikleri	58
3.6. Hastaların Takipleri	59
3.7. Hastaların Sonuçlarının Değerlendirilmeleri	60
3.8. İstatistiksel Değerlendirme	61
4. BULGULAR	63
5. TARTIŞMA	72
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	83
ÖZET	93
SUMMARY	94

SİMGELER VE KISALTMALAR

PEV	Pes ekinovarus
DÇA	Doğuştan çarpık ayak
SÜTF	Selçuk Üniversitesi Tıp Fakóltesi
N	Newton
J	Joule
SWE	Shear Wave Elastografi
ap	Anteroposterior uzunluk
ml	Mediolateral uzunluk
ms	Milisaniye
kp	Kilopaskal
cm	Santimetre
mm	Milimetre
mm²	Milimetrekare
H	Hasta
M	Muskulus
FDL	Fleksör Digitorum Longus
FHL	Fleksör Hallusis Longus
Abd	Abdüksiyon
Add	Addüksiyon
Ant	Anterior
E	Erkek
K	Kız
C.S.T.R	Complete Subtalar Release
A/P	Anterio-Posterior
ROM	Range of motion
CPM	Continous passive motion
AFO	Ayak, ayak bileği ortezi
BT	Bilgisayarlı Tomografi
MRI	Magnetik Rezonans Görüntüleme
AOFAS	Amerikan ortopedik ayak ve ayak bileği skoru

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 1.1: BİLATERAL PEV’Lİ BEBEĞİN AYAKLARININ GÖRÜNTÜSÜ (<i>KULLANILAN TÜM HASTA GÖRÜNTÜLERİ İÇİN HASTALARDAN İZİN ALINMIŞTIR</i>).....	3
ŞEKİL 2.1: NORMAL AYAK ANATOMİSİ (<i>REFERANS (17) ’DEN ALINTILANMIŞTIR</i>).....	4
ŞEKİL 2.2: AYAK VE AYAK BİLEĞİNİN HAREKETLERİ (<i>REFERANS (18) ’DEN ALINTILANMIŞTIR</i>).....	5
ŞEKİL 2.3: NORMAL YÜRÜYÜŞ FAZLARI (<i>VAUGHAN ET AL. 1992 ’DEN ALINTILANMIŞTIR</i>). 6	
ŞEKİL 2.4: TALUS BOYUN AÇISI ÖLÇÜMÜ (<i>THUMBOR.KENHUB.COM SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR</i>).....	8
ŞEKİL 2.5: NORMAL VE PEV’DEKİ TALUSUN ŞEMATİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI (<i>REFERANS (4) ’TEN ALINMIŞTIR.</i>)	8
ŞEKİL 2.6: PEV’DE KALKANEUSUN PATOMEKANİĞİ (A: NORMAL AYAK, B: TALUSUN LATERAL ROTASYONU, C: KALKANEUSUN ANTERİÖRÜ TALUS TARAFINDAN PLANTAR FLEKSİYONA, İÇ ROTASYONA VE VARUSA ZORLANMAKTADIR) (<i>REFERANS (24) ’DEN ALINMIŞTIR</i>)	9
ŞEKİL 2.7: ERKEN FETAL DÖNEMDE NAVİKULA, TALUS BAŞI’NA GÖRE MEDİAL DEVIASYONDADIR (<i>REFERANS (25) ’DAN ALINMIŞTIR</i>)	9
ŞEKİL 2.8: PES ADDUKTUS	10
ŞEKİL 2.9: PES KAVUS DEFORMİTESİ A: ŞEMATİZE EDİLMİŞ PES KAVUS (HTTPS://WWW.OUTLANDERANATOMY.COM/ANATOMY-LESSON-59-COMPLETE-FEET/ SİTESİNDEN ALINMIŞTIR) B: HASTAMIZDAKİ PES KAVUS DEFORMİTESİ.....	11
ŞEKİL 2.10: TOPUK VARUSU	12
ŞEKİL 2.11: PES EKİNUS	13
ŞEKİL 2.12: SENDROMLARLA BİRLİKTELİK GÖSTEREN PEV’Lİ VAKA ÖRNEKLERİ (<i>SOLDAKİ MENİNGOMYELOSEL, SAĞDAKİ ARTROGRİPOZİS İLE İLİŞKİLİ PEV HASTALARI</i>)	16
ŞEKİL 2.13: İNTERNAL TİBİAL TORSİYON A:ŞEMATİZE B İNTERNAL TİBİAL TORSİYONLU BACAK (A:MMG 2009 ’DAN ALINTILANMIŞTIR B: HTTPS://WWW.ORTHOBULLETS.COM/PEDIATRICS/4060/İNTERNAL-TİBİAL-TORSİYON SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR).....	17
ŞEKİL 2.14: PEV’Lİ BEBEĞİN AYAĞININ ANTENATAL ULTRASONOGRAFİ GÖRÜNTÜSÜ (HTTPS://PROD-İMAGES-STATIC.RADIOPAEDIA.ORG/İMAGES/22325959/9E07313A92670EE5CE4AE40E413743_BIG_GALLERY.JPEG SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR).....	19
ŞEKİL 2.15: DİMEGLİO SINIFLAMASININ ŞEMATİK GÖRÜNÜMÜ (A) KALKANEOPEDAL BLOĞUN HORIZONTAL PLANDA, B) VARUSUN FRONTAL PLANDA, C) EKİNİN SAGİTAL PLANDA, D) ÖN AYAĞIN ADDUKSİYONUNUN HORIZONTAL PLANDA DEĞERLENDİRİLMESİ) (<i>REFERANS (60) ’DEN ALINTILANMIŞTIR</i>).....	22
ŞEKİL 2.16: PİRANİ SKORLAMA SİSTEMİNİN AYAK ÜZERİNDE GÖSTERİMİ A: AYAK DIŞ KENARININ EĞRİLİĞİ, B: MEDİAL KIVRIMIN ŞİDDETİ, C: TALUS BAŞI LATERALİNİN PALPASYONU, D: POSTERİÖR KIVRIMIN ŞİDDETİ, E: EKİNUSUN ŞİDDETİ, F: TOPUK BOŞLUĞU (<i>REFERANS (4) ’TEN ALINMIŞTIR</i>)	25
ŞEKİL 2.17: KONJENİTAL TİBİA AGENEZİSİ GRAFİSİ SAĞ AYAĞIN METATARSUS ADDUKTUSU DA GÖRÜLMEKTE (HTTPS://PROD-İMAGES-STATIC.RADIOPAEDIA.ORG/İMAGES/530226/CE208A2F9EB07D8A9FE12942E0217E_GALLERY.JPG SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR)	26

ŞEKİL 2.18: PHELPS GECE ATELİ (HTTP://WWW.OANDPLIBRARY.ORG/POPUP.ASP?FRMITEMID=5CA0A4C4-98CF-4D5A-ABB4-7BD395414822&FRMTYPE=IMAGE&FRMID=10 SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR).....	30
ŞEKİL 2.19: AŞİL TENDON ANATOMİSİ (ATLAS OF HUMAN ANATOMY BY FRANK NETTER, MD. REPRODUCED BY COURTESY OF CIBA-GIEGY LIMITED, BASEL/SWITZERLAND 'DAN ALINTILANMIŞTIR)	35
ŞEKİL 2.20: AYAK BİLEĞİ LATERALDEN GÖRÜNÜM SURAL SİNİR KIRMIZI İLE İŞARETLİ (REFERANS (91) 'DEN ALINTILANMIŞTIR)	35
ŞEKİL 2.21: AŞİL TENDON DAMARLANMASI (A:RADIOGRAFİSİ, B:ŞEMATİZE EDİLMİŞ HALİ) (REFERANS (92)'TEN ALINMIŞTIR).....	36
ŞEKİL 2.22: AŞİL TENDON DAMARLANMASI KADAVRA GÖRÜNTÜSÜ (FUNCTIONAL ANATOMY AND BIOMECHANICAL ASPECTS OF THE ACHILLES TENDON, NİHAL APAYDIN 'DAN ALINTILANMIŞTIR).....	37
ŞEKİL 2.23: AŞİL TENDON VE ÇEVRE ANATOMİSİ, PARATENON YAPISI (HTTPS://WWW.ARTHREX.COM/RESOURCES/PRESENTATION-SLIDES/P6W2JpLJ6KYRYQFYLT3GNA/SCIENTIFIC-EVIDENCE-FOR-ACHILLES-MIDSUBSTANCE-SPEEDBRIDGE SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR)	38
ŞEKİL 2.24: 11 NO BİSTÜRİ VE BEAVER EYE BLADE	40
ŞEKİL 2.25: AŞİL TENOTOMİSİ.....	40
ŞEKİL 2.26: AŞİLOTOMİ SONRASI SON ALÇI.....	41
ŞEKİL 2.27: PONSETİ ALÇILAMA AŞAMALARI SIRAYLA (REFERANS (10) 'DAN ALINMIŞTIR)	42
ŞEKİL 2.28: ALÇILAMADA VE ALÇININ ÇIKARILMASINDA KULLANILAN MALZEMELER	43
ŞEKİL 2.29: TEK TARAFLI AYAK ABDÜKSİYON ORTEZİ (HTTPS://IMAGES.JOURNALS.LWW.COM/JPO-B/ORIGINAL.01202412-201101000-00005.F1-5.JPEG SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR).....	44
ŞEKİL 2.30: A-SOL PEV, B-SAĞ PEV, C-BİLATERAL PEV'Lİ BEBEK ORTEZ KULLANIMI	45
ŞEKİL 2.31: ANTERİÖR TİBİAL FİZİYAL HASAR (SOLDA) VE TİBİA DİSTAL ANTERİÖRÜNDE DERİN KRİZ ÇİZGİSİ İZLENMEKTE (REFERANS (132) 'DAN ALINTILANMIŞTIR).....	45
ŞEKİL 2.32: FLAT TOP TALUS GÖRÜNTÜSÜ (HTTPS://DOCTORLIB.INFO/PEDIATRIC/PRINCIPLES-MANAGEMENT-PEDIATRIC-FOOT/PRINCIPLES-MANAGEMENT-PEDIATRIC-FOOT.FILES/IMAGE102.JPG SİTESİNDEN ALINTILANMIŞTIR).....	46
ŞEKİL 2.33: ROCKER-BOTTOM (KAYIK AYAK) DEFORMİTESİ (HTTPS://ARS.ELS-CDN.COM/CONTENT/IMAGE/1-S2.0-S0929693X14005193-GR8.JPG SİTESİNDEN ALINMIŞTIR)	47
ŞEKİL 2.34: ALÇILAMAYA BAĞLI BASI YARASI KOMPLİKASYONU	48
ŞEKİL 2.35: TENOTOMİ SONRASI UYGULANAN ALÇILAMA SONRASI GELİŞEN KANAMA (HER İKİ FOTOĞRAF FARKLI HASTALARA AİTTİR)	49
ŞEKİL 2.36: AŞİL TENOTOMİSİ ESNASINDA ÇEVRE YAPILAR (REFERANS (118) 'TEN ALINTILANMIŞTIR).....	50
ŞEKİL 2.37: AKSİYEL PLANDA AŞİL TENDONUNUN ULTRASONOGRAFİK AP VE ML MESAFELERİNİN ÖLÇÜM ÖRNEKLERİ.....	52
ŞEKİL 2.38: SWE AŞİL TENDONU MS VE KP OLARAK ÖLÇÜM ÖRNEKLERİ	55
ŞEKİL 3.1. HASTALARIN DÖKÜMANTASYONU	57

ŞEKİL 3.2: AŞİL TENDONU SWE ÇALIŞMASI: AYAĞIN ÖLÇÜM ESNASINDAKİ POZİSYONU, PROBUN KONUMLANMASI İLE EKRANDA VERİLERİN ELDE EDİLMESİ.....	59
ŞEKİL 3.3: UYGULANAN TENOTOMİ SEVİYELERİNİN TESPİTİ (<i>HASTALARDAN İZİN ALINMIŞTIR</i>)	61



TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO 2.1: PONSETİ VE SMOLEY SINIFLAMASI (REFERANS (59)'DEN ALINMIŞTIR)	21
TABLO 2.2: HARROLD VE WALKER ŞEMASI (REFERANS (59)'DEN ALINMIŞTIR)	21
TABLO 2.3: PİRANİ SKORLAMA TABLOSU (REFERANS (58)'DEN TÜRKÇELEŞTİRİLMİŞTİR)	24
TABLO 4.1. HASTALARIN CİNSİYETLERİNE GÖRE DAĞILIMI (15 ERKEK, 5 KIZ)	63
TABLO 4.2. HASTALARIN TARAFLARI (12 BİLATERAL (8 ERKEK 4 KIZ), 8 UNİLATERAL (7 ERKEK 1 KIZ)).....	63
TABLO 4.3: BAŞLANGIÇ PİRANİ SKORLARI İLE TEDAVİ SONRASI PİRANİ SKORLARI.....	64
TABLO 4.4 HASTALARIN PİRANİ SKORLARININ ALÇILAMA SAYILARINA GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI (SÜTUNLARIN ÜZERİNDEKİ KIRMIZI RENKLE YAZILAN SAYILAR HER GRUP İÇİN ORTALAMA ALÇILAMA SAYISINI GÖSTERMEKTEDİR).....	65
TABLO 4.5: BAŞLANGIÇ PİRANİ SKORLARI İLE ALÇILAMA SAYILARI ARASINDA ANLAMLI KORELASYON SAPTANMADI (SPEARMAN TESTİ UYGULANDI)	65
TABLO 4.6: VAKALARIN İLK BAŞVURU VE TEDAVİ SONRASI PİRANİ SKORLARI VE ALÇILANMA SAYILARI	66
TABLO 4.7: PEV'Lİ TARAFLAR BAŞLANGIÇ İLE TEDAVİ SONRASI TENDON ALANLARI (TEDAVİ SONRASI TENDON KESİT ALANLARININ ARTTIĞI GÖZLENDİ) (LEVENE TESTİ UYGULANMIŞTIR).....	67
TABLO 4.8: SAĞLAM TARAFLARIN BAŞLANGIÇ VE TEDAVİ SONRASI TENDON ALANLARI(TEDAVİ SONRASI TENDON KESİT ALANLARININ ARTTIĞI GÖZLENDİ) (LEVENE TESTİ UYGULANMIŞTIR)	67
TABLO 4.9: VAKALARIN İLK BAŞVURU VE TEDAVİ SONRASI TENDON ÇAPLARININ KARŞILAŞTIRILMASI (KIRMIZILAR SAĞLAM TARAFI GÖSTERMEKTEDİR) (PROEP: TEDAVİ ÖNCESİ, POSTOP: TEDAVİ SONRASI, AP: ANTEROPOSTERİOR UZUNLUK VE ML: MEDİOLATERAL UZUNLUK MM (MİLİMETRE) CİNSİNDEN, ALAN MM ² (MİLİMETREKARE) ÜZERİNDEN VERİLMİŞTİR) (ALAN=((AP/2)*(ML/2)*π) OLARAK HESAPLANMIŞTIR.	68
TABLO 4.10: HASTALARIN TENOTOMİ SEVİYELERİ İLE İLK BAŞVURU VE TEDAVİ SONRASI SWE DEĞERLERİ (KIRMIZI RENKLE YAZILANLAR SAĞLAM TARAFLARI GÖSTERMEKTEDİR VE KONTROL DEĞERLERİDİR) (PREOP: TEDAVİ ÖNCESİ, POSTOP: TEDAVİ SONRASI, H: HASTA, MS: MİLİSANIYE, KP: KİLOPASKAL, CM: SANTİMETRE)	69
TABLO 4.11: UNİLATERAL OLGULARDA PREOP VE POSTOP SWE DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (MANN WHİTNEY U TESTİ UYGULANMIŞTIR) (MS: MİLİSANIYE, KP: KİLOPASKAL, ST: STANDART)	70
TABLO 4.12: HASTALARIN TENOTOMİ SEVİYELERİNE GÖRE PREOP VE POSTOP PİRANİ SKORLARI İLE TENDON KESİT ALANLARI (CM: SANTİMETRE, ST: STANDART)	70
TABLO 4.13: HASTALARIN PREOP TENOTOMİ SEVİYELERİNE GÖRE SWE DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (CM: SANTİMETRE, ST: STANDART).....	71
TABLO 4.14: HASTALARIN TENOTOMİ SEVİYELERİNE GÖRE TENDONLARIN PREOP VE POSTOP SWE DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (CM: SANTİMETRE, ST: STANDART MS: MİLİSANIYE, KP: KİLOPASKAL)	71

TABLO 4.15: HASTALARIN TENOTOMİ SEVİYELERİNE GÖRE POSTOP MS, KP DEĞERLERİ VE BU DEĞERLERİN BİRBİRLERİ İLE İSTATİSTİKSEL KARŞILAŞTIRILMALARI (CM: SANTİMETRE, ST: STANDART)	71
--	----



1. GİRİŞ

Doğumsal pes ekinovarus (PEV), doğuştan çarpık ayak (DÇA), İngilizce ismi ile clubfoot veya congenital talipes equinovarus ayağın içe dönük şekildeki deformitesini tanımlayan, tedavisiz bırakıldığında kişinin ayak yerine ayak bileği üzerinde yürütmesine sebep olarak ciddi morbiditeye sebep olan ve çeşitli toplumlarda farklı oranlarda olmak üzere ortalama 1-2/1000 canlı doğumda görülmesiyle tüm konjenital anomaliler içinde yedinci, kas iskelet sistemini ilgilendiren deformiteler içinde ise en sık karşılaşılan anomali olarak karşımıza çıkmaktadır (1)(şekil 1.1). Dünya üzerinde her yıl ortalama 150.000-200.000 arası bebeğe PEV tanısı konulmaktadır. Konjenital olarak görülmesinin yanında spina bifida ve artrogiropozis gibi hastalıklara da eşlik edebilmektedir (2). Erkek/kız oranı 2.5/1 olan bu hastalıkta diz altındaki bütün kas-iskelet sistemi yapıları displastiktir (3). Etkilenen ayaktaki major bulgular, ayak bileğinin ekinusu, subtalar aksiyel planda bir topuk varusu, orta ayak kavusu, ön ayak adduksiyonu ve normalden küçük ayaktır (4).

Genetik geçiş görülmesine rağmen genel olarak multifaktöriyel olarak kabul edilmiştir. Oligohidramniyos ve intrauterin eksternal bası yapan diğer sebepler etken olarak karşımıza çıkmaktadır fakat kesin sebebi şimdiye kadar bulunamamıştır. Yapılan çalışmalarda peroneal bölgede tip 1 kas lif atrofisi ve tibial arter hipoplazisinin bazı vakalara eşlik ettiği gözlenmiştir (5).

Tanısı doğum sonrası bir ortopedist tarafından klinik muayene ile konulabileceği gibi antenatal onsekizinci ile yirminci hafta arasında ultrasonografi ile radyolog veya kadın doğum uzmanı tarafından da konulabilmektedir (6). Klinik gözlemle farkedilebilecek şekilde ilerde anlatılacak olan deformite komponentlerini içeren ayağın görülmesi tanısının konulması için yeterlidir.

Tedavideki amaç; tedaviye olabildiğince erken başlama, tedavi sonunda anatomisi normale yakın, ayağın plantigrad olarak doğru temas noktaları ile yere bastığı, mobilitesi yeterli ve ağrısız bir ayağa sahip olmaktır. Deformitenin gelişimi ile bu sürece sebep olan patoanatomiyi anlaşıldıkça tedavi modaliteleri de bu bilgiler eşliğinde değişmiş zaman içinde kendine uygulayıcı bulan bazı tedavilerden vazgeçilmiştir.

PEV hastalığı insanlık tarihi ile görülmeye başlanmıştır fakat; hastalığın tanısının, takibinin ve tedavisinin düzenlenmesi Hipokrata dayanır (7). Günümüze kadar oldukça farklı tedavi yöntemleri denenmiştir.

Hastalığın günümüz güncel tedavisinin oluşmasında Kite'ın 1939'da tariflediği yöntem ile Ponsetinin 1948'de tariflediği manipülasyon ve alçılamaı içeren konservatif metodlar etkili olmuştur. Daha sonra Turco'nun tariflediği posteromedial gevşetme tedavinin cerrahiye kaymasına neden olmuş ve bir çok cerrah tarafından 1990'lı yıllara kadar geniş uygulama alanı bulmuştur (7-10). Yumuşak doku ameliyatlarıyla birlikte kemik girişimleri ve kombine girişimler de gündeme gelmiştir. Cerrahi yöntemlerin bu dönemde oldukça yaygın olarak kullanılması ciltte gerginlik, ödem, nekroz, bağ doku skarları ve yapışıklıklara ve ardından bunlara bağlı olarak nüks ve aşırı düzelmeye sebep olmuştur (11).

Günümüzde artık konservatif metodun gerisinde kalan bu cerrahi teknikler öğrenilmeli ve cerrahiye hakim olarak hastalığın tedavisine başlanılmalı ama cerrahi tedavi sadece alçılama ve manipülasyon yöntemlerinden oluşan konservatif metodlar başarısız olduğu olgularda uygulanmalıdır (12). İlk yaklaşım olarak başvurulması gereken konservatif tedaviler içinde ise uygulama alanı bulan Kite ve Fransız yöntemleri de denenmesine rağmen uzun süredir altın standart olarak görülen ve sonuçları en iyi olan yöntem Ponseti yöntemidir (10, 13-16).

Tedavide altın standarda yakın zamanda kavuşan bu hastalığın tedavisinde ve tedavi sonrası iyileşmenin takibinde yeni yöntemlerin araştırılması bu çalışmayı yapmamızı sağlamıştır. Araştırdığımız kadarıyla literatürde, aşı tenotomisi sonrası tendon iyileşmesinin SWE (shear wave elastografi) ile izlendiği bir çalışma bulunmamaktadır ve aşı tenotomisinin uygulanması gereken seviyesi de henüz tarif edilmemiştir. Çalışmamızın ilk aşamasında aşı tenotomisi sonrası tendon iyileşmesinin izleminde SWE'nin kullanılıp kullanılamayacağını, ikinci aşamasında ise aşı tenotomi seviyelerine göre iyileşme paternlerini kıyaslayarak doğru tenotomi seviyesini bulmayı amaçladık.



Şekil 1.1: Bilateral PEV’li bebeğin ayaklarının görüntüsü (kullanılan tüm hasta görüntüleri için hastalardan izin alınmıştır)

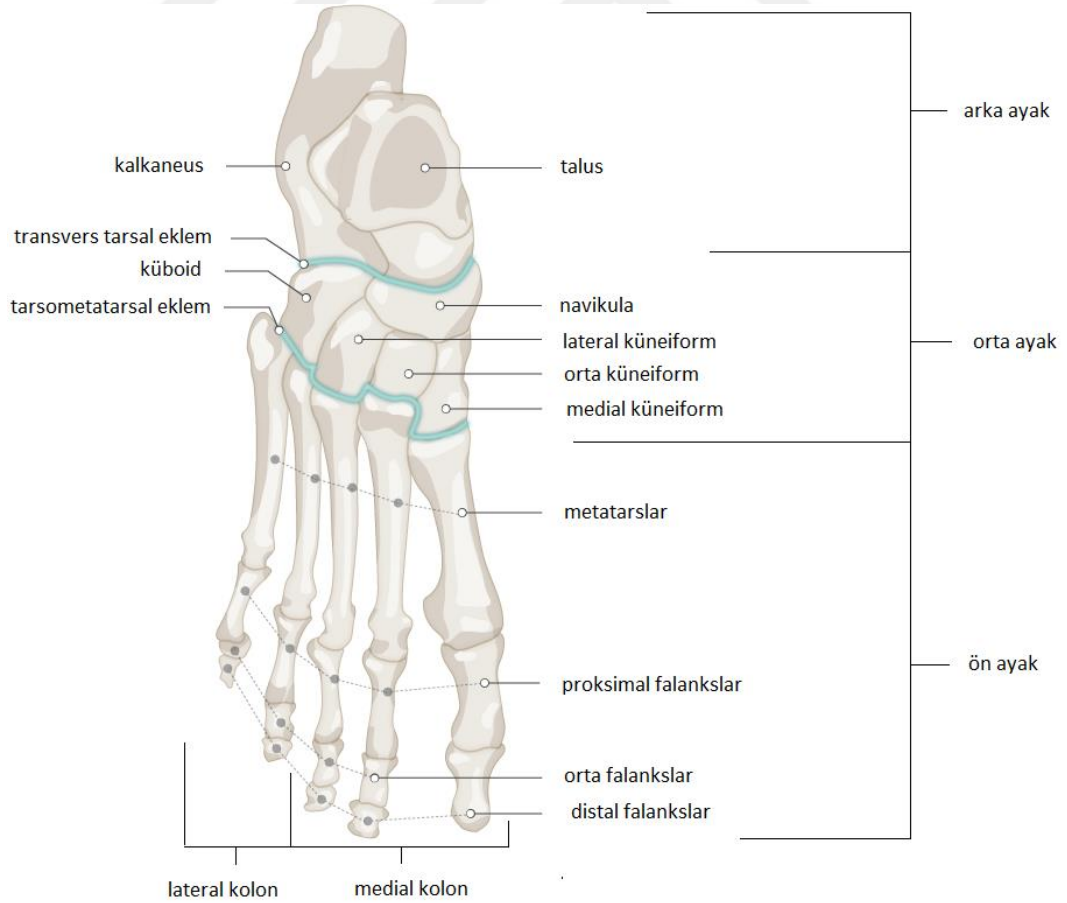
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Normal Ayak Anatomisi

İnsan vücudunun dinamizmi için ayak ve ayak bileği vücudun optimal biyomekanik performansında önemli bir role sahiptir.

Ayak ve ayak bileği 26 kemikten, 33 eklemden birçok bağ, tendon, kaslar ve kıkırdaktan oluşan kompleks bir yapıdır. Bu karmaşık yapı çoğu zaman patolojileri ayırt etmede ve tedavi etmede zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayağın bu karmaşık iskelet yapısını, eklemlerini ve hareketlerini öğrenmek PEV tedavisine karar vermede önemlidir.

Kemik yapısına baktığımızda ayak; arka ayak (talus, kalkaneus), orta ayak (navikula, küboid, küneiform) ve ön ayak (metatarslar ve falankslar) olarak 3 bölüme ayrılır. Bunun yanında ayak medial (talus, navikula 3 adet küneiform, 1.2.3. metatarslar ve falankslar) ve lateral (kalkaneus, küboid, 4.5. metatarslar ve falankslar) olarak da iki kolona ayrılmıştır (Şekil 2.1).

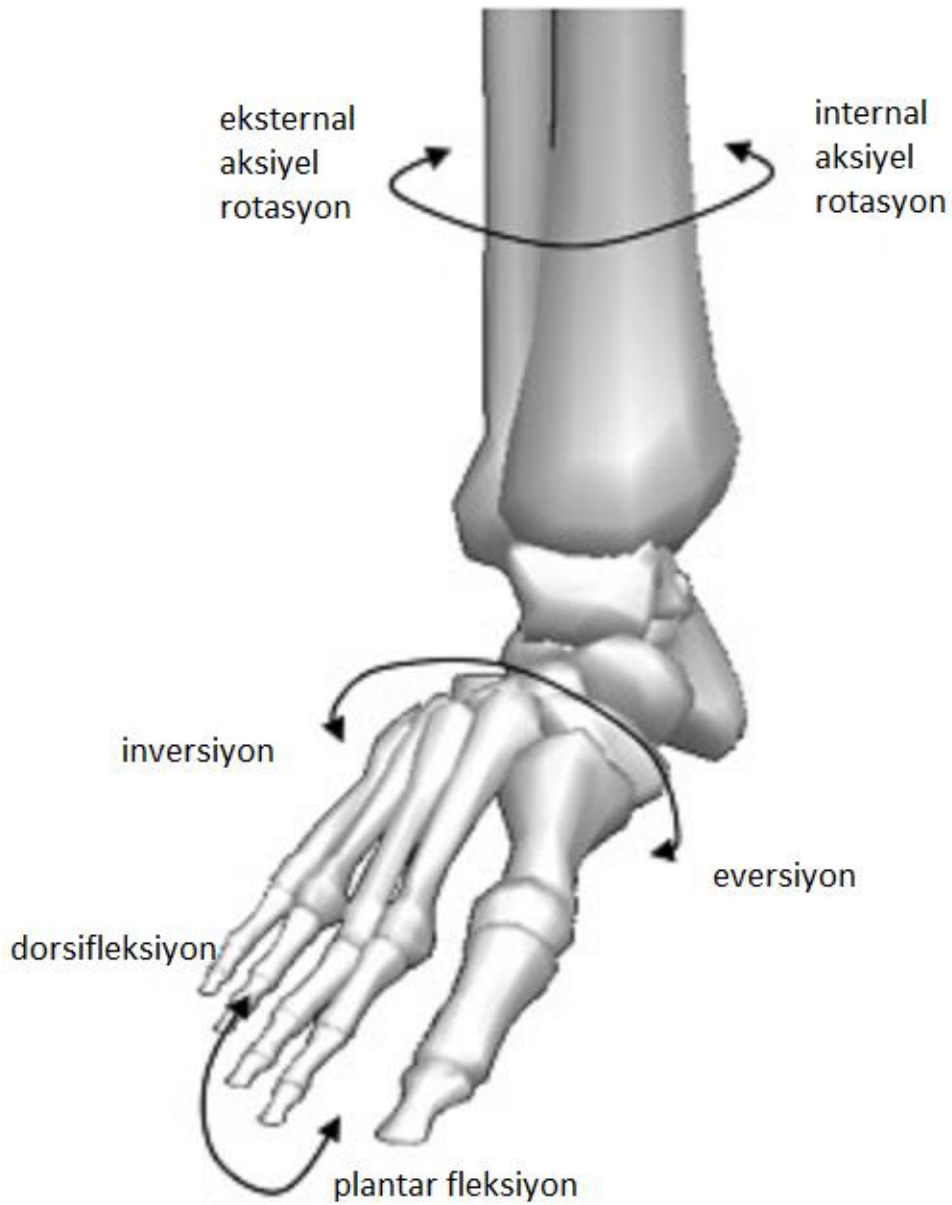


Şekil 2.1: Normal ayak anatomisi (referans (17)'den alıntılanmıştır)

Ayak bileği eklemi tibia, fibula ve talus oluştururken, subtalar eklemi talus ve kalkaneus, chopart (midtarsal) eklemi talus-kalkaneus ile cuboid-navikula, lisfrank eklemi küboid-k neiformlar ile metatarslar oluşturur.

2.2. Normal Ayak, Ayak Bileği Biyomekaniği ve Yürüyüş Fazları

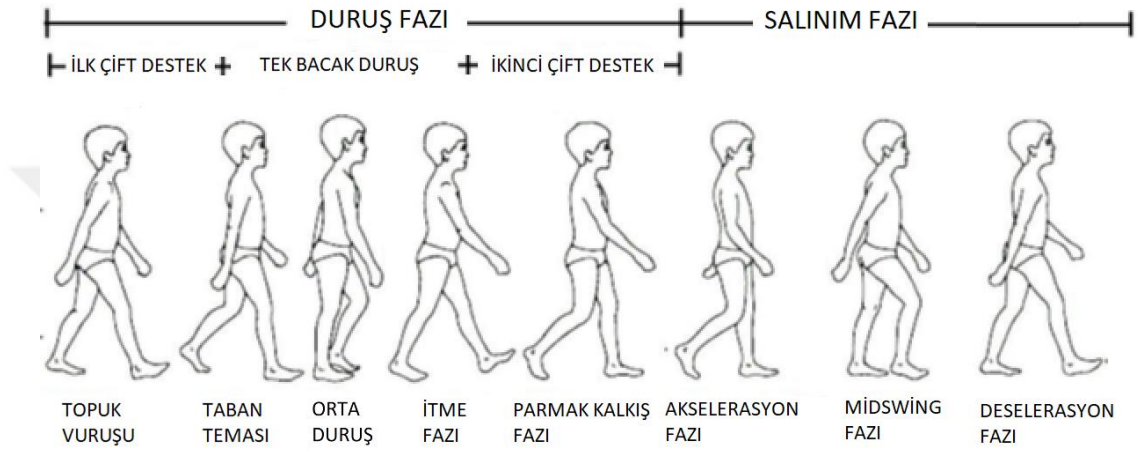
Ayak ve ayak bileği insanların yürüme, koşma, atlama gibi farklı aktiviteler gerçekleştirmesini sağlar. Herhangi bir patoloji yürüyüş sırasında dengesizliklere sebep olabilir. Bu yüzden ayak ayak bileği biyomekaniğini anlamak hastalıkları ve çözüm yollarını anlamak açısından önemlidir.



şekil 2.2: Ayak ve ayak bileğinin hareketleri (*referans (18)'den alıntılanmıştır*)

Ayak bileğinin dorsal/plantar fleksiyonu talus çevresinde tibiotalar ve subtalar eklemin beraber hareketi ile gerçekleşir. Dorsal fleksiyonla beraber topuk eversiyon, ayak pronasyon hareketi yapar. Kalkaneus, küboid ve navikula talus etrafında dönmeleriyle ayağın rotasyon hareketi oluşur (19)(Şekil 2.2).

Normal sağlıklı bir vücutta basit bir yürüyüş döngüsü sagittal planda vücudu öne kaydırma olarak nitelendirilir. Koşma, zıplama gibi bazı hareketlerse farklı düzlemlerde hareketlerin kombinasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.3: Normal yürüyüş fazları (Vaughan et al. 1992'den alıntılanmıştır)

Yürüme siklusu, fazları ve destek noktalarına göre iki farklı şekilde evrelendirilir. Yürümenin duruş (stance) ve salınım (swing) olarak iki fazı vardır. Duruş fazı yürüme döngüsünün %60'ını oluşturur, 5 aşamaya ayrılır ve kapalı kinetik zincir şeklindedir. Salınım fazı ise tüm yürüme döngüsünün %40'ını oluşturur, 3 aşamaya ayrılır ve açık kinetik zincir şeklindedir. Destek noktalarına göre ise yürüme siklusu tek destek (single support) ve çift destek (double support) olmak üzere iki aşamaya ayrılır. Tek destekte sadece bir ayak, çift destekte ise her iki ayak zemine değmektedir. Hızın artması, çift destek evresinin oranını azaltmaktadır, tek destek evresinin oranını ise artırmaktadır. Hızlanmanın daha da artması ile siklusun çift destek evresi ortadan kalkar ve “koşma” olarak tanımlanan hareket oluşur.

2.3. Patofizyolojik Anatomi

Ayak bilek eklemi, primer olarak plantar (ekinus) ve dorsal fleksiyondan, subtalar eklem inversiyon (varus) ve eversiyondan, midtarsal eklem ve lisfranc eklemi addüksiyon (adduktus), abdüksiyon ve ayağın medial arkından (kavus) sorumludur.

Ayak hareketlerini üç boyutlu ekseninde düşünecek olursak:

- Ekinus (plantar fleksiyon) parmak uçlarının aşağı bakmasını
- Varus (inversiyon) ayağın tabanının vücudun orta hattına doğru dönmesini (silindir şeklinde dönme)
- Adduktus ayak parmaklarının içe doğru yönelmesini
- Kavus ise ayağın uzun arkının yükselmesi ile ayağın ortasında oyuk görüntüsünün oluşmasını tarif eder.

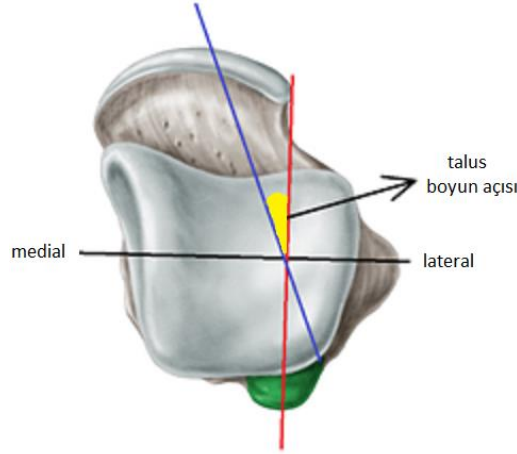
PEV'deki patolojik anatomi sadece majör komponentleri ile sınırlı kalmaz. Bunların kombinasyonları ile oluşan rijidite ve ek deformiteler de birer komponenttir. Bunlardan kalkaneusun talus etrafında mediale ve plantara yer değiştirmesi ve navikulanın aldığı pozisyon sebebiyle varusla sonuçlanması ve yapılan yeni çalışmalarda talusun gövde ve boyun deformitesi ile yine varus ve kavus komponentine sebep olması, yumuşak doku kontraktürleri ile beraber ekinovarus dizilimine sebep olması sayılabilir.

Talus, kalkaneus ve navikula PEV'in primer kemik komponentleridir (20).

Talus

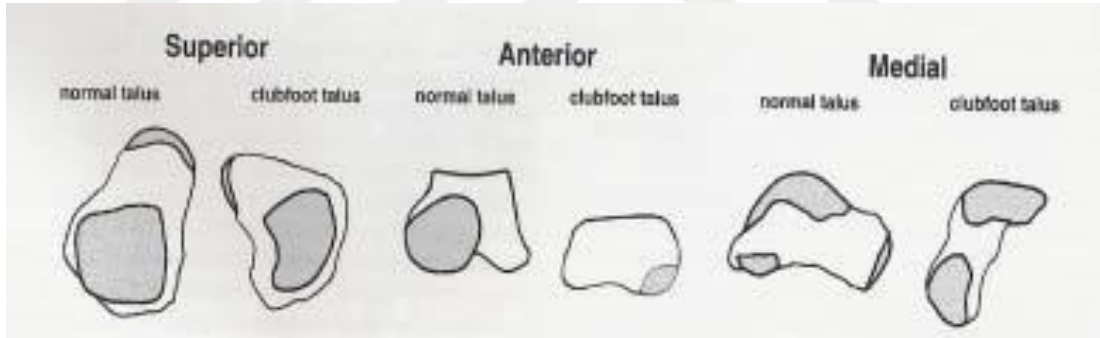
PEV patofizyolojisinde talus baş rolü oynamaktadır (21). Talus boynu mediale doğru rotasyona gitmiş, kısalmış ve plantar fleksiyon postürü kazanmıştır. Eklem yüzü mediale kaymış ve eklem örtünümü anterolateralde azalarak %50 düzeylerine gelmiştir. Eklem yüzü ile ilişkisiz kırıldak gelişimi de anormal gelişme sorunu ile karşı karşıyadır.

Yapılan bir çalışmada küçük fetüsler incelenmiş ayağın fetal gelişimi esnasında talus başı ve boyununun mediale tilt yaptığı saptanmıştır. Literatürde, bu durum talus boyununun oblik oluşu ile açıklanmıştır (22). Bu açı erişkinlerde 12°-32°, fetüste 35°-75°, PEV'de ise bu açının artarak 50°-75° olduğu görülmüştür (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Talus boyun açısı ölçümü (*thumbor.kenhub.com sitesinden alıntılanmıştır*)

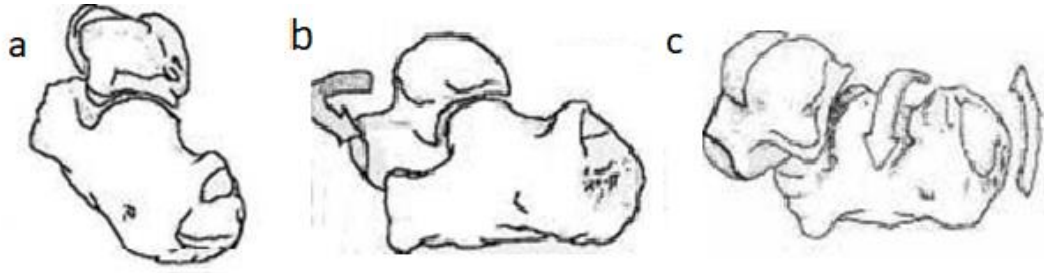
Talusun büyümesi devam ettiği için mediale sublükse navikulanın konumu daha kötü hale doğru gitme eğilimindedir. Talus boynu ile gövde arasındaki açı normalde 150-160 derece iken PEV varlığında 90 dereceye kadar düşmüş olarak görülmektedir. Talus boynu da yok gibidir. Talus inferiorunda ise talus medial ve anterior fasetlerinin gelişmediği görülebilir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Normal ve PEV'deki talusun şematik olarak karşılaştırılması (*Referans (4)'ten alınmıştır.*)

Kalkaneus

Normalden küçük talusun indüktif etkisi kaybolduğundan sustentakulum tali üzerindeki eklem fasetleri gelişmemiştir. Distal kalkaneus eklem yüzü plantar ve mediale, posterior eklem yüzü ise laterale dönüktür (23). Kalkaneus tibia aksına göre varus pozisyonundadır ve talus etrafında mediale dönmüştür (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: PEV’de kalkaneusun patomekaniği (a: normal ayak, b: talusun lateral rotasyonu, c: kalkaneusun anterioru talus tarafından plantar fleksiyona, iç rotasyona ve varusa zorlanmaktadır) (referans (24)’den alınmıştır)

Navikula ve Küboid

Navikula ve küboid kemik anatomik yapılarını korumuşlardır. Kontrakte olan medial bağlar (kalkaneonavikular, tibionavikular) ve tibialis posteriorun çekmesine bağlı olarak navikula mediale deplase olmuştur. Kalkaneoküboid hat bozulmuştur (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Erken fetal dönemde navikula, talus başı’na göre medial deviasyondadır (Referans (25)’den alınmıştır)

Yumuşak doku değişiklikleri

PEV’li ayak normalden küçüktür. Isaacs ve ark.’ı yaptıkları çalışmada M. Tibialis Posterior, M. Soleus, FDL, FHL’ da kısalma M. Peroneus Longus’da uzama olduğunu saptamıştır. (26) Bunların kemik patolojiye sekonder değişiklikler olabileceği düşünülmüştür. Tendonlar arasındaki ilişkiler normal olmakla birlikte bazı tendonların insersiyolarında değişiklikler vardır. Buna örnek olarak bazı PEV’li ayaklarda aşil tendonunun kalkaneusta daha mediale yapıştığı bildirilmiştir. M. Tibialis Posterior ve M. Tibialis Anterior talusun deplasmanı dolayısıyla insersiyoyaptıkları yerleri sabit kalmasına rağmen görece olarak öne yer değiştirmiş olarak karşımıza çıkmaktadır. M. Peroneus Longus üzerindeki gerim kuvveti artmıştır. Plantar fasya, musculus abduktör hallucis ve abduktör quinti ile parmak fleksörleri gergindir. Ayak önünde ekin deformitesi gelişmiştir.

2.3.1. Pes Adduktus

Falankslar, ayak başparmağı ve metatarsları içeren ön ayağın başlıca etkili olduğu bir problemdir. Ayak parmakları içeriye doğru yönelmişlerdir. Rijit veya esnek olabilir. İntrauterin pozisyona bağlı her 100 bebekten 1’inde pozisyonel ve esnek şekilde ortaya çıkabilmektedir (27). Etiyoloji net değildir ve ek patoloji eşlik etmeyen vakaların çoğu (%87) genellikle 6 yaşından önce düzelir (28).

PEV’le birlikte görülen rijit durumlarda ise manipülasyonla beraber alçılamanın %2’den az relapsla sonuçlandığı ve çok başarılı sonuçların olduğu bildirilmiştir (29) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Pes adduktus

2.3.2. Pes Kavus

Ayak kemerinde yüksek bir oyuk anlamına gelen pes kavus klinik görünüm olarak düz tabanın (dışarıdan görünen bir medial kavsin olmadığı durum) tersi şeklinde karşımıza çıkar. Ayak önünün ayak arkasına göre pronasyonda olması sonucu meydana gelir. Ayakta temel olarak 3 ark bulunmaktadır:

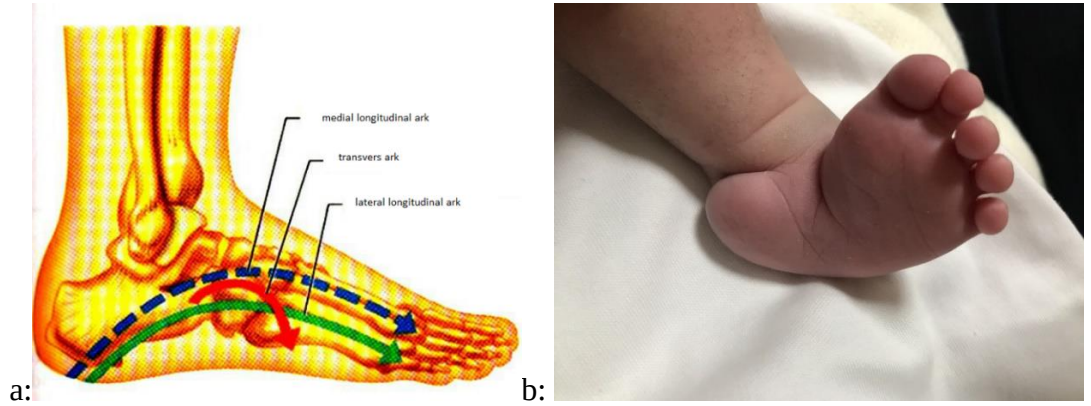
Medial longitudinal ark ayak mediali boyunca uzanan, apeksi navikula olan, kaybolması durumunda düz taban görünümünün geliştiği ayak iç kavsinin oluşturan arktır. Yüksekliği yaklaşık 15-18 mm'dir.

Lateral longitudinal ark ayağın laterali uzun aksı boyunca uzanan, apeksi cuboid olan yaklaşık yüksekliği 3-5 mm olan, ayağın dış kavsinin oluşturan arktır.

Transvers ark ise 3 bölümde incelenebilir:

- Anterior transvers ark metatars başları arasında
- Mid transvers ark küneiform ve küboid kemik arasında
- Posterior transvers ark küboid ile navikula arasında oluşan ayağın transvers kavsinin oluşturan yapılardır (30).

Orta ayak kemiklerinin yüksekte kalması, medial longitudinal arkın yüksekte oluşmasına ve sonrasında da medial katlantının gelişmesine sebep olur (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: Pes kavus deformitesi a: şematize edilmiş pes kavus (<https://www.outlanderanatomy.com/anatomy-lesson-59-complete-feet/> sitesinden alınmıştır) b: hastamızdaki pes kavus deformitesi

2.3.3. Varus

Bu patoloji PEV patoanatomisinde topuğun varusu şeklinde karşılık bulur. Ayağın addüksiyonu ve inversiyonu topukta varus deformitesinin başlıca sorumlusudur. Kalkaneus tibia longitudinal aksına göre varusta konumlanmıştır. Talusun laterale dönmesi de kalkaneusu varusa ve mediale iterek bu patolojinin oluşmasına katkı sağlar (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Topuk varusu

2.3.4. Ekinus

Hastanın ayak parmakları ile yürümesine sebep olacak şekilde ayağın öne eğikliği şeklinde tanımlanır. Rigit veya yumuşak olabilir. PEV'in Ponseti tekniği ile tedavisinde en son düzeltilen komponentidir.

Hastanın ayağı sagital planda plantar fleksiyon postüründedir. Hastanın parmak uçları dorsale ilerletilemez. Aşıl gerginliği ve talus ile kalkaneusun fleksiyon postürü beraber rol oynar (Şekil 2.11).



Şekil 2.11: Pes ekinus

2.3.5. Pes Ekinovarus

Doğuştan çarpık ayak olarak da isimlendirilen PEV pediatrie en sık görülen ayak deformitesidir (1, 31). Diğerleri izole metatarsus adduktus, kalkaneovalgus ayak, vertikal talus, polidaktili, sindaktilidir (4). PEV'in komponentlerini kavus, adduktus, varus, ekinus oluşturur.

Klinik muayenesinde çarpık ayak golf sopasına benzerliği ile ve yürüme güçlüğü, ağrı, kemikler arasındaki açılar gibi muayenenin fonksiyonel kriterleri ile tanımlanır. PEV'de ön ve orta ayak inversiyondadır ve ayak baş parmağı normal ayaklardakinden küçüktür. Ön ayak ekindedir ve talus yukarı doğru yer değişmiştir. Kalkaneus içe bakacak şekilde dönmüştür. Bu varus bileşeniyle sonuçlanır. Talus medial malleole yakın konumlanmıştır.

2.4. Etyoloji

PEV ikincil sebeplere bağılı (%20) veya idiyopatik olarak (%80) görülebilmektedir (31). Birçok değişken bu doğuştan durumun olası nedenleriyle ilişkilidir. Bu konudaki araştırmalarsa hala devam etmektedir. Bununla birlikte bu patolojinin ana nedenlerinden bazıları genetik, anatomik, embriyolojik, çevresel ve yumuşak dokuların rolüne odaklanmıştır. Nedenlerinin doğru bir şekilde anlaşılması daha iyi tedavilerin yanı sıra önleme yöntemleri ile ilgili de çalışmaların gelişmesine katkı sağlamaktadır. (31)

Maternal dönemde kullanılan sigara ve bazı ilaçların (misoprostol vb), erken amniosentezin, myopati ve vasküler anormalliklerin de bu duruma sebep olabileceği gösterilmiştir (32).

Hipokrat uterusun baskısı ve intrauterin sıvı azlığı nedeni ile ayağın uzun süre aynı pozisyonunda kaldığını ve bundan dolayı kaynaklanabileceğini öne sürmüştür (7). Buna karşın bazı yazarlar bu baskının devamlı olamayacağını ve deformiteyi oluşturamayacağını ve fetüsün her iki ayağına aynı şekilde bir baskının olamayacağını ve aynı deformiteye sebep olamayacağını belirtmişlerdir. Bohm ayağın gelişiminde esnasındaki 4 aşamayı tanımlamıştır ve PEV'in ayak gelişimi esnasındaki duraksama sonucu oluşmuş olabileceğini öne sürmüştür ancak PEV'in patofizyolojisinde olan navikulanın mediale yönelmesi normal ayak gelişiminin hiçbir safhasında saptanmamıştır (33). Yapılan bir başka çalışmada intrauterin 8. haftadan 21. haftaya kadar olan 147 fetüs ayağını incelenmiş ve intrauterin dokuzuncu haftasında ayağın PEV'li ayağa benzediğini görülmüştür ve PEV deformitesinden ayak gelişiminin duraksamasını sorumlu tutulmuştur (34). Yapılan bir diğer çalışmada ise PEV'in mevsimsel olarak enterovirüse bağlı değişik insidanslarda görülebildiğini göstermiştir fakat daha sonra yapılan çalışmalar bu görüşü desteklememiştir (35, 36).

2.4.1. Genetik ve İntrauterin Faktörler

Genetik şüphesiz dikkate alınması gereken önemli bir faktördür ve bu neden geçmiş yıllarda etyolojinin bir parçası olarak incelenmiştir (37). Vakaların %24-50'sinde ailede PEV olduğuna dair kanıt vardır (38). İkiz bebeklerde monozigotik ikizlerde %32 oranında görölürken, dizigotik ikizlerde %2,9 oranında görölmesi bu geçişi desteklediği gibi farklı faktörlerin de etkili olduğu görüşünü ortaya çıkarmıştır (39, 40).

PITX1, TBX4, RBM10, CAND2, WNT7a, kas kontraksiyon genleri (TPM2, MYH3 vb), kromozomal delesyonlar, CDMP1 mutasyonları (vasküler patolojiye yol açmasıyla) gibi genler suçlanmakla birlikte kesin bir sonuca ulaşılamamıştır (38, 41).

2009 ve 2016 yıllarında yapılan iki büyük çalışmada PEV'in HOX-A ve HOX-D genlerinin düzenleyici alanındaki değişiklik ile ilişkili olabileceği görülmüştür (42, 43).

2.4.2. Kasların Histolojik Bozuklukları ve Vasküler Bozukluklar

PEV'de diz altındaki yumuşak dokular anormal olarak değerlendirilir. Özellikle bacak arkası kas kütlelerinde azalma görülmektedir. Yapılan çalışmada posteromedial ve peroneal kas gruplarından biyopsi alınmış. Alınan 111 örnekten 92 örnekte histokimyasal olarak anormallikler ortaya çıkmıştır. (26) Yine başka bir çalışmada kasta tip1/tip3 kollojen oranı $\frac{1}{2}$ olması gerekirken PEV'li hastalarda bu oranın 7/1 olduğunu bulmuşlardır (44). Yine başka bir çalışmada kontraktür fibrozis ve miyofibroblastlar bu bölgede gözlenmiştir (45).

Vasküler bozukluk olarak en çok göze çarpan a. Tibialis anteriorun yokluğu olarak karşımıza çıkmaktadır (5, 46).

2.4.3. Nöromusküler Altyapı

Sinirsel uyarımın azalması ya da olmaması da bir sebep olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle sendromlara (myotonik distrofi, multicore (minicore) hastalığı, Charcot-Marie-Tooth, spina bifida vb) eşlik eden PEV hastalarının görülmesi bu fikrin edinilmesine sebep olmuştur (44) (Şekil 2.12). Yapılan bir başka çalışmada ise myotonik distrofi PEV ile ilişkilendirilirken diğerleri düşük ayak, inversiyon deformitesi ve alt ekstremitte kaslarında yaygın zayıflıkla ilişkilendirilmiştir (47).



Şekil 2.12: Sendromlarla birliktelik gösteren PEV’li vaka örnekleri (soldaki meningomyelosel, sağdaki artrogripozis ile ilişkili PEV hastaları)

2.5. Fizik Muayene

PEV tanısı esas olarak fizik muayene ile konulur. Tanısı deformik ayak yapısı nedeniyle kolaylıkla konulmakla beraber tam ve ayrıntılı öykü ve tüm vücut muayenesi sendromik veya sendromik olmayan PEV ayrımını yapmak açısından önemlidir.

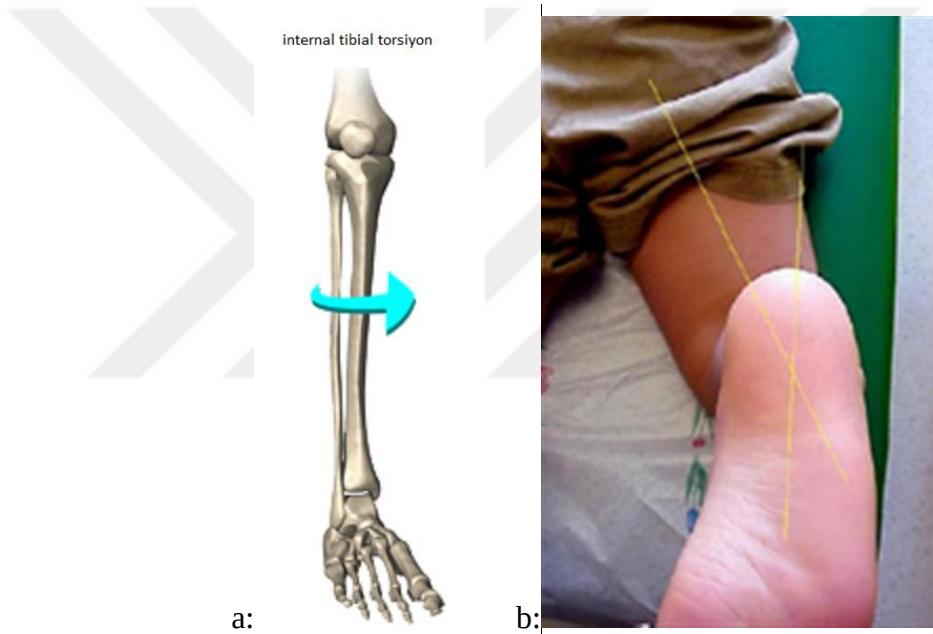
Alt ekstremiteler incelenirken bacak uzunluğu uyluk ve baldır çaplarına bakmak ayak ve çevresindeki cilt kırısklıklarına, kıvrımlarına bakmak önemlidir. Özellikle küçük bir ayakla birlikte sağlam tarafa ya da olması gerektiğine göre küçük bir bacak ve baldır çevresi dikkat edilmesi gereken fizik muayene bulgularındandır. Yine hareket kısıtlılığı, kontraktür, ek ayaktaki deformik bulgular da dikkatten kaçırılmaması gereken bileşenlerdir.

PEV’li bebeğin muayenesi ilk başvuruda, alçılamlar arasında ve sonrasında ayrı ayrı mutlaka yapılmalıdır.

Torsiyonel deformite değerlendirilmelidir. İnternal tibial torsiyon, tibianın uzunlamasına eksenini etrafında distal transvers eklem çizgisinin proksimal transvers eklem çizgisine göre fizyolojik olarak içe dönmesi olarak tanımlanır. Bunun varlığında

ayağın içe dönüklüğünü ön ayağın adduktusu şeklinde yorumlamaktan kaçınılmalıdır (Şekil 2.13).

Plantar bölge katlantısı, ayak arkası katlantısı, rijidite, talusun ve diğer anatomik yapıların yeri not edilmelidir. Ekin komponenti hem diz fleksiyonda hem diz ekstansiyonda ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Gastroknemius kontraktürüne bağlı ekin deformitesi diz ekstansiyonda iken ölçülmelidir. Ayak, ayak bileği muayenesi rahat yapılabilmesi ve standardize edilebilmesi açısından diz 90 derece fleksiyondayken yapılmalıdır. Topuğun varusu hem istirahat pozisyonunda hem de en iyi düzeltme pozisyonunda incelenmeli ve not edilmelidir. Ayağın lateral kenarı düz bir zemine göre ölçülmeli ve zorlu düzeltme ile ne kadar düzeldiğine bakılmalıdır.



Şekil 2.13: İnternal tibial torsiyon a:şematize b: internal tibial torsiyonlu bacak (a:MMG 2009'dan alıntılanmıştır b: <https://www.orthobullets.com/pediatrics/4060/internal-tibial-torsion> sitesinden alıntılanmıştır)

Talar baş istirahat halinde dorsolateralde palpe edilmeli maksimum plantar fleksiyona alındığında patella ile aynı düzleme gelip gelmediğine deformitenin ağırlığının anlaşılması için bakılmalıdır. Yine talusun manipölasyon ile redükte edilebilmesi de orta ayağın sertliğini gösteren önemli bir parametredir. Ön ayak supinasyonu ve addüksiyonu not edilmelidir.

Tüm deformiteler bir önceki vücut bölümü ile beraber değerlendirilmelidir. Eğer bu değerlendirme doğru yapılmazsa ayağın aşırı veya eksik düzeltilmesine sebep olabilmektedir.

2.6. Değerlendirme ve Tanı Koyma

PEV deformitesinin müdahale öncesi değerlendirilmesi hem sınıflandırma için hem de tedavi başarısının değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bulunan nicel veriler karşılaştırma yapmaya ve deformitenin düzelmesi, ilerlemesi veya nüks durumlarında izlemi kolaylaştırır.

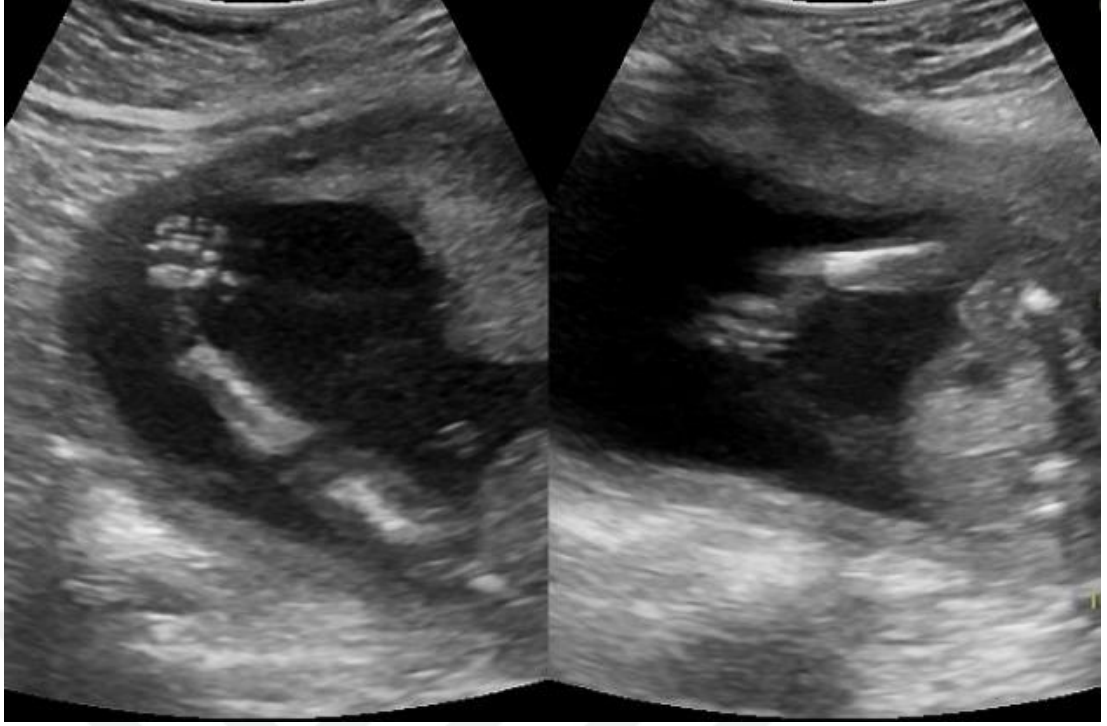
İdeal değerlendirme şekli objektif, niceliksel, işlevsel verilerin yanı sıra basit, tekrarlanabilir, güvenilir, ucuz ve güvenli olmalıdır.

Tanının doğru konması ve ek hastalıkların olup olmadığının araştırılması alçılama ve sonrası değerlendirme esnasında deformitenin tedavi basamaklarının ve iyileşmesinin izlemi açısından da önem taşımaktadır. Şu anda kullanılan evrensel bir yöntem olmamasına rağmen çok büyük oranda kabul gören değerlendirme ölçütleri ve klinik muayene yaklaşımının kombinasyonu ile PEV değerlendirmesi yapılmaktadır.

Yenidoğan döneminde muayene ilk olarak çocuk doktorları tarafından yapılmaktadır. Şüphe halinde mutlaka bir ortopediste refere edilmelidir; çünkü tedaviye mümkün olan en kısa sürede başlanması elzemdir. Tanı klinik muayene ile konulmaktadır.

2.6.1. Antenatal Ultrason

PEV hastalığı on sekiz ile yirminci haftadan itibaren abdominal ultrason taraması ile antenatal olarak teşhis edilebilir. Bunlardan %26 sı intrauterin hayatta kendiliğinden gerileyip, herhangi bir müdahaleye gerek kalmaktadır. Tanı koymadan daha zor olansa hastalığın şiddetini tahmin etmektir. Daha önce yapılan bir çalışmada intrauterin PEV tanısında yanlış pozitiflik oranı %35 olarak raporlanmıştır. Yalancı pozitifliğin bu kadar yüksek olması artan PEV tanısına sebep olacağı için bu tekniğin sınırlandırılmasının düşünülmesi görecelidir (48). Yapılan farklı çalışmalarda intrauterin talus ve navikula eklem yüzlerindeki değişiklikler ve postürü değerlendirildiği ultrason incelemesi ile % 34,3 - %77 arasında yakalanabildiğini göstermiştir (49, 50)(Şekil 2.14).



Şekil 2.14: PEV’li bebeğin ayağının antenatal ultrasonografi görüntüsü (https://prod-images-static.radiopaedia.org/images/22325959/9e07313a92670ee5ce4ae40e413743_big_gallery.jpeg sitesinden alıntılanmıştır)

2.6.2. Radyolojik Değerlendirme

Radyografiler deformiteleri ve eklemlerin anatomik olarak ilişkisini tanımlar. PEV değerlendirmesinde ise çeşitli zorluklar vardır. Bunlar deformitenin rijit olduğu durumlarda ayağın konumlandırmasındaki zorluk, pozisyon vermedeki problemten kaynaklanan radyografinin standardize edilememesi, üç boyutlu deformiteyi iki boyutlu grafilerle değerlendirmedeki problem ve henüz kemikleşmemiş ve radyografide görünmeyen kemiklerin olmasıdır. Bu sebeplerden yeni doğan PEV tanısında radyografik değerlendirmenin yeri iyi belirlenememiş ve klinik muayene ve diğer testler öncelikli olarak görülmüştür (23).

Ponseti, PEV’li ayakların durumunun değerlendirilmesi için veya ağırlığını belirlemek için radyografilere gerek olmadığını ve fizik muayenenin yeterli olduğunu göstermiştir (51). Yine yapılan başka çalışmalarda radyografik ölçümlerin hastalığın değerlendirilmesinde kullanılamayacağını ve esas olarak klinik muayenenin önemli olduğunu ve radyografide standardizasyonun sağlanmasının zor olduğu gösterilmiştir (52-54).

2.6.3. Fonksiyonel Değerlendirme

Fonksiyonel değerlendirme denilince ilk akla gelen günlük işlevlerini yerine getirebilmek olmakla birlikte yenidoğanda bu düşünce pek pratik değildir. Bu yaş grubunda değerlendirmeyi yaparken tedavi öncesi hastalığın şiddeti ile tedavi sonrası uzun dönemde memnuniyet ve nüks veya sekel arasında bağlantı kurmak amaçlanır. Örneğin tedavi öncesi rijit topuk varusu olan hastaların uzun dönemde koşu performans bozukluğu yaşama olasılıklarının arttığı, daha az memnun oldukları ve daha fazla ayakkabı problemleri yaşadıkları bildirilmiştir. Rahat dorsifleksiyon yapabilen hastaların da daha iyi işlevle tedavilerinin tamamlandığı gözlenmiştir (55).

2.6.4. Klinik Değerlendirme

Klinik değerlendirmede bakılan parametreler fikse, rijit bir deformitenin olup olmadığı ve eğer varsa bunun redükte edilebilirliğidir. Sınıflandırmada kullanılan parametrelerin, bu düzeltmenin yapılması sonrası geçmeyen deformiteye göre değerlendirilmesi redükte edilebilirliğin önemli olduğunun bir göstergesidir. Ayak bilek ve ayak eklemlerinin ROM'ları, ayağın küçük olması, baldır ve bacağın zayıflığı yine değerlendirilmesi gereken kriterlerdir. Kozmetik olarak iyi görünen bir ayak sonucun da çoğu zaman iyi olacağına işaret eder (56).

2.7. Sınıflandırma

PEV sebep olan etkenlere göre dört gruba ayrılır. Bunlar:

- **Konjenital (idiyopatik) PEV:** PEV'lilerin büyük kısmını oluşturan, tedaviye en güzel cevap veren, sebebin tam belirlenmediği ve multifaktöriyel olarak düşünülen gruptur.
- **Teratolojik PEV:** Kaudal regresyon, diastometamyeli, spina bifida gibi nörolojik hastalıklarla beraber görülen gruptur.
- **Sendromik PEV:** Prune belly sendromu, Freeman Sheldon sendromu, Meckel Gruber sendromu, Roberts sendromu, Down sendromu, Streeter sendromu veya Ehler Danlos sendromu gibi sendromlarla birliktelik gösteren gruptur. Bu grupta tedavi farklıdır ve nüks riskinin yüksek olduğu gösterilmiştir (57).

- **Pozisyonel PEV:** Gerçek bir patolojinin olmadığı intrauterin uzun süre aynı pozisyonda kalınmasına bağlı, doğum sonrası fizyoterapist eşliğinde ya da ailenin kendilerinin yaptığı masajla kolaylıkla düzeltilebilen PEV'dir.

PEV hastalığının ağırlığına göre de sınıflandırılabilir.

Sınıflandırmasında daha önce tanımlanan Ponseti ve Smoley sınıflaması (Tablo 2.1), Harrold ve Walker şeması (Tablo 2.2) olmasına rağmen bunların güvenilirliği çeşitli yayınlarda yetersiz bulunmuştur. Günümüzde kullanılan iki önemli ve kabul edilen sınıflandırma sistemi vardır. Bunlar Dimeglio ve Pirani sınıflama sistemleridir. Flynn yaptığı çalışmada iki sınıflamanın da PEV'de kullanılabileceğini ve güvenli olduğunu bulmuştur (58).

Tablo 2.1: Ponseti ve Smoley sınıflaması (referans (59)'den alınmıştır)

Ayak bileği dorsifleksiyon derecesi	Topuk varusu	Ön ayak adduktusu	Tibial torsiyon derecesi	Sonuç
<10	0	0-10	0	İyi
0-10	0-10	10-20	Orta	Kabul edilir
0	<10	<20	Ağır	Kötü

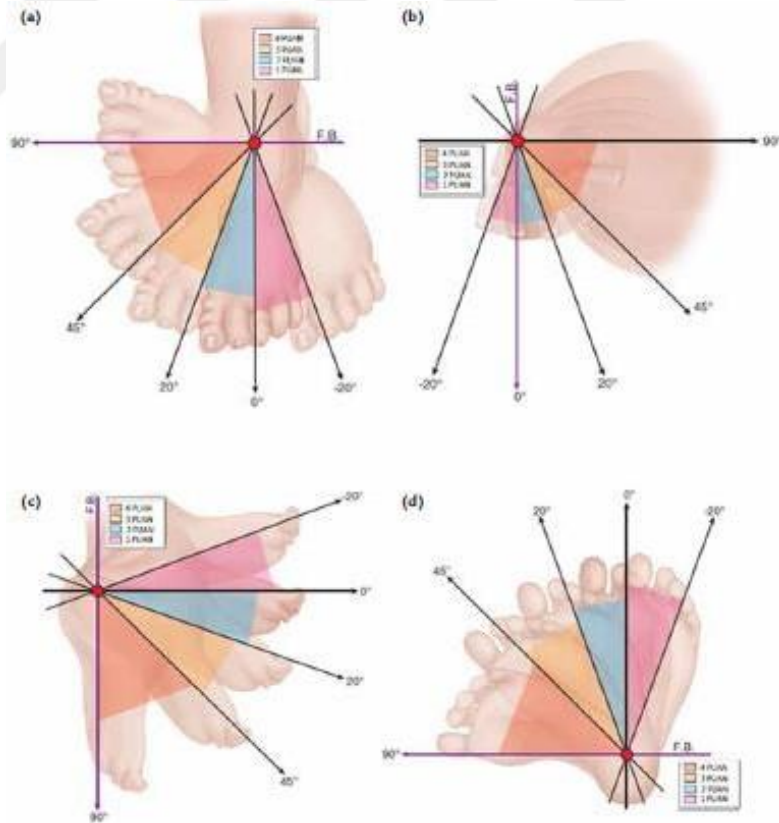
Tablo 2.2: Harrold ve Walker şeması (referans (59)'den alınmıştır)

Derecesi	Tanım
1	Ayak nötralden daha fazla normale getirilebiliyor
2	Ayak nötrale kadar gelebiliyor fakat fikse ekin deformitesi veya <20 derece topuk varusu mevcut
3	Ayak nötrale getirilemiyor ve fikse ekin deformitesi veya >20 derece topuk varusu mevcut

2.7.1. Dimeglio Sınıflaması

Dimeglio PEV'i muayene bulgularına göre statik ve dinamik olarak sınıflamıştır (Şekil 2.15).

- Statik olarak posterior kırışıklık, medial kırışıklık, kavus ve bacakta kas zayıflığına 1'er puan vermiştir.
- Dinamik grupta ise sagittal planda ekin deformitesi, koronal planda varus deformitesi, horizontal planda kalkaneopedal blok ve yine horizontal planda ön ayağın addüksiyonunun açı olarak derecesi vardır. Her bir grubu kendi içinde 4 puana kadar sınıflamıştır (60). Hastanın totalde aldığı puana göre 1-4 arasını iyi huylu-düzletilebilir olarak, 5-10 arasını orta-kısmen dirençli olarak, 10-14 arasını ağır-kısmen düzeltilebilir olarak ve 15-20 arasını çok ağır-dirençli olarak nitelemiştir.



Şekil 2.15: Dimeglio sınıflamasının şematik görünümü (a) kalkaneopedal bloğun horizontal planda, b) varusun frontal planda, c) ekinin sagittal planda, d) ön ayağın addüksiyonunun horizontal planda değerlendirilmesi (referans (60)'den alıntılanmıştır)

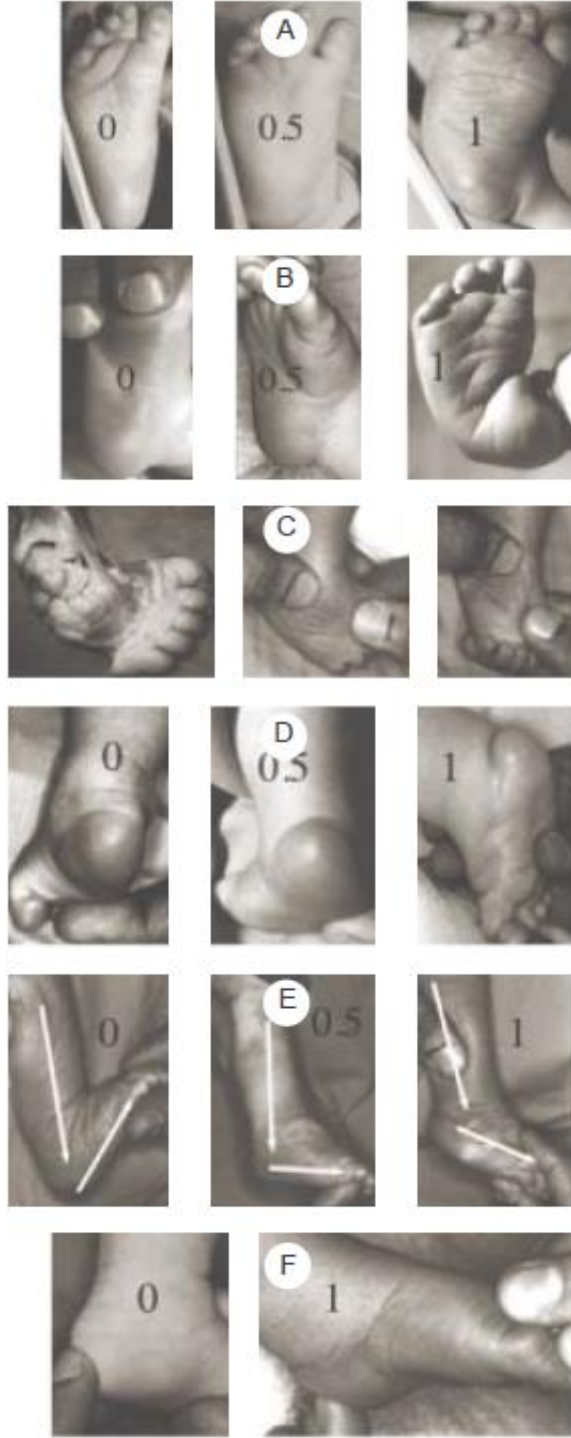
2.7.2. Pirani Skorlaması

Bu çalışmada kullandığımız Pirani skorlama sisteminde ise ayağın deformitesinin en fazla düzeltilmiş durumundaki muayene durumuna göre ayak ortası ve arkasındaki 3'er parametreye göre değerlendirme yapılmıştır. Deformitenin olmaması 0, orta dereceli deformite 0,5 puan alırken ileri deformiteler 1 puanla temsil edilmiştir (Tablo 2.3). Buna göre manipülasyon sonrası ayak lateralinin kavsi, ayak medial kıvrımı ve talus başının şiddeti ile posterior kıvrımın şiddeti, kalkaneusun olması gereken yerde olmadığına muayene bulgusu olan topuğun boş olup olmaması ve ekin pozisyonunun şiddeti bu sınıflamanın komponentlerini oluşturmaktadır (Şekil 2.16). Pirani yaptığı çalışmada bağımsız gözlemcilerin bu skorlama sistemi ile verdikleri puanların uyumlu olduğunu ve tekrarlayan alçılar arasında çekilen MRI değerlendirmeleriyle osteokondral iyileşmenin ve skorlamanın uyumlu olduğunu göstermiştir (61, 62). Yine bir başka çalışmada ponseti yönteminin hem tedavi öncesi hem tedavi esnasında hem de tedavi sonrası güvenle kullanılabileceği gösterilmiştir (63).

Pirani Skorlaması

FİZİK MUAYENE BULGUSU	PUAN		
	0	0.5	1
Ayak dış kenarının eğriliği	Düz	Distalde hafif eğri	Kalkaneoküboid eklemdede eğrilik
Medial kıvrımın (crease) şiddeti	Çok sayıda ince kıvrım	Derin bir veya iki kıvrım	Ayak konturunu değiştiren derin kıvrım
Posterior kıvrımın (crease) şiddeti	Çok sayıda ince kıvrım	Derin bir veya iki kıvrım	Ayak konturunu değiştiren derin kıvrım
Talus başı lateralinin palpasyonu	Navikula tamamen redükte olur, talus başı laterali hissedilemez	Navikula kısmen redükte olur, talus başı laterali az hissedilebilir	Navikula redükte olmaz, talus başı laterali kolayca hissedilir
Topuk boşluğu	Kalkaneal tüberkül kolayca palpe edilebilir	Kalkaneal tüberkül palpe etmek daha zordur	Kalkaneal tüberkül palpe edilemez
Ekinusun şiddeti	Normal ayak bileği dorsifleksiyonu	Ayak bileği dorsifleksiyonu nötralin ötesine geçemez	Nötrale kadar dahi dorsifleksiyon yapamaz
TOPLAM PUAN:			

Tablo 2.3: Pirani skorlama tablosu (referans (58)'den türkçeleştirilmiştir)



Şekil 2.16: Pirani skortlama sisteminin ayak üzerinde gösterimi A: ayak dış kenarının eğriliği, B: medial kıvrımın şiddeti, C: talus başı lateralinin palpasyonu, D: posterior kıvrımın şiddeti, E: ekinusun şiddeti, F: topuk boşluğu (referans (4)'ten alınmıştır)

2.8. Ayırıcı Tanı

Ayırıcı tanıda karşımıza konjenital tibia agenezisi (Şekil 2.17), internal tibial torsiyon ve PEV komponentlerinden bir veya birkaçının, ek bir hastalığa bağlı olarak ya da olmadan, izole bulunduğu durumlar çıkmaktadır.



Şekil 2.17: Konjenital tibia agenezisi grafisi sağ ayağın metatarsus adduktusu da görülmekte
(https://prod-images-static.radiopaedia.org/images/530226/ce208a2f9eb07d8a9fe12942e0217e_gallery.jpg sitesinden alıntılanmıştır)

2.9. Tedavi

Tedavide bu zamana kadar uygulanmış fakat günlük pratikte artık kullanılmayan konservatif uygulamalara, şu anda yaygın kullanılan altın standart yöntemlere ve cerrahi tedavisine değineceğiz.

2.9.1. Cerrahi Tedavi

Erken cerrahi girişim vakaların sadece küçük bir yüzdesinde (%5'in altında) doğru manipülasyon ve düzeltme işlemine cevap vermeyen, alışılmadık düzeyde sert ve ağır deformitesi olan hastalarda gerekebilmektedir. Günümüzde ise daha çok rekürrens veya müdahalesiz ileri yaş olgularında kullanılmaktadır (12).

Cerrahide amaçlanan akut olarak mümkün olduğunca normal ayak anatomisine ulaşmaktır. Bu amaçla ayak, ayak bileği kemikleri ile çevre yumuşak dokuları dengeleyecek şekilde girişimler planlanır.

2.9.1.1. Cerrahi zamanlaması

Zamanlama ile ilgili ortak bir fikir yoktur. İki görüş öne çıkmaktadır. Bunlar; yeniden şekillenme potansiyeli sebebiyle erken cerrahi (üç-altı aylık dönemde) tercih edilmesini savunanlar ve küçük ayağın anatomik yapısının zor değerlendirilmesi ve erken dönemde konservatif yöntemlerle düzeltilebilmesi sebebiyle geç dönemde (dokuz-on iki ayda) tercih edilmesi gerektiği şeklinde düşünen çalışmalardır (8, 64). Erken cerrahiye gidildiği durumlarda skarlar ve hareket kısıtlılığı ve ileride rekürrensle sonuçlandığını gösteren çalışmalar vardır (19). Cerrahi çeşidini belirlerken 0-4 yaş arasında yumuşak doku cerrahisi, 4-8 yaş arasında yumuşak doku ve kemik, 8-12 yaş arasında kemik, >12 yaşta ise ekleme yönelik cerrahiler tercih edilmelidir. Simons ise cerrahi tedavide yaştan daha çok ayağın boyutunu önemsemiş ve 8 santimetreyi cerrahi sınır olarak belirtmiştir (19).

2.9.1.2. Cerrahisi

Cerrahi Tedavi 3 Ana Grupta İncelenebilir:

- ✓ Yumuşak Doku Ameliyatları
- ✓ Kemik Ameliyatları
- ✓ Kombine Ameliyatlar

Yumuşak Doku Ameliyatları:

- Medial Plantar Gevşetme
- Posterior Gevşetme

- Posteromedial Gevşetme
- Lateral Gevşetme
- CSTR
- Tendon Transferleri
- Ayak Önü Gevşetmeler

Kemik Ameliyatları:

- Metatarsal Osteotomiler
- Kalkaneal Osteotomi
- Double Osteotomi (65)

Kombine Yumuşak Doku-Kemik-Eklem Ameliyatları

- Lundberg tarafından tanımlanan teknik (66)
- Toohey tarafından tanımlanan teknik (67)
- Lichtblau tarafından tanımlanan teknik (68)
- Kalkaneoküboid Eklem Rezeksiyonu (Lateral Kolon Kısaltma)
- Medial Küneiform Osteotomi'si (69)

2.9.1.3. Postoperatif bakım

Ameliyat sonrası da bir süre alçılama gerektiği konusunda hemfikir olursa da süresi ile ilgili kesin bir konsensüs yoktur. Seçenekler arasında kısa bacak alçısından uzun bacak alçısına, süre olarak da dört haftadan dört aya kadar değişmektedir. Ayrıca bu süreden sonra ortez kullanım süresi ve gün içindeki zamanlaması da tartışmalıdır. Kimi çalışmalar dört yıla kadar ortez kullanımını önermektedir (55).

2.9.1.4. Cerrahi tedavinin komplikasyonları

- Bir veya birkaç komponentin (ekin varusla beraber veya varus olmadan, supinasyon addüksiyon, veya kavus) devam etmesi
- Fazla düzeltme (arka ayağın ileri valgusa alınması ile pes planus oluşması)

- Nörovasküler yaralanma (ayağın duyu kaybı, posteromedial nörovasküler yapıya hasar verilmesi)
- Enfeksiyon
- Skar aşırı duyarlılığı
- Kontraktür
- Kıkırdak halindeki tarsal kemiklerin hasarlanması
- Kemiklerin fizisine verilecek hasar, talus ve navikulanın osteonekrozu
- Yara yeri problemleri olarak sayılabilir.

2.9.2. Cerrahi Dışı Tedavi

Ponsetinin tariflediği manipülasyon ve alçılamaı içeren konservatif metodlar 1940’larda uygulanırken, 1963 yılında ilk çalışma yayınlanmış, daha sonra Turco’nun tariflediği posteromedial gevşetme tedavinin cerrahiye kaymasına neden olmuş ve bir çok cerrah tarafından 1990’li yıllara kadar geniş uygulama alanı bulmuştur (7-9). Yumuşak doku ameliyatlarının yanında zamanla kemik girişimleri ve kombine girişimler de gündeme gelmiştir. Cerrahi yöntemlerin bu dönemde oldukça yaygın olarak kullanılması ciltte gerginlik, ödem, nekroz, bağ doku skarları ve yapışıklıklara ve ardından bunlara bağlı olarak nüks ve aşırı düzelmeye sebep olmuştur (11).

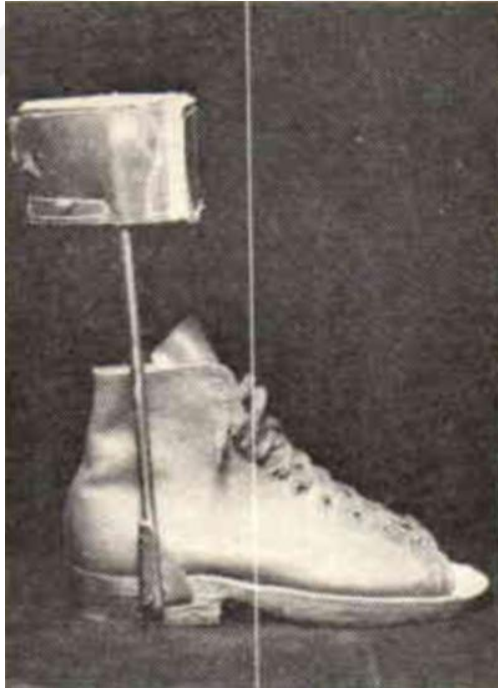
Laaveg ve Ponseti cerrahi olmayan tedaviden sonraki sonuçların daha iyi olduğunu bildirdi. Cerrahi tedavi ile bildirilen sonuçlardan daha tatmin edici sonuçların alınması kapsamlı cerrahi seçeneklerin ikinci plana atılmasına ve konservatif tedavilere olan ilginin artmasına sebep oldu (21).

Ortopedik cerrahların çoğu PEV’in ilk tedavisinin ameliyatsız olması konusunda hemfikirdir ve doğumdan hemen sonra mümkün olan en kısa zamanda başlanması gerektiğini düşünmektedir.

Kite, Fransız ve Ponseti metodu olarak üç önemli tedavi yöntemi mevcuttur. Bunlardan Kite ile Ponseti yöntemlerini karşılaştıran çalışmaların hepsinde Ponseti yönteminin üstün olduğu gösterilmiştir (10, 13, 15). Fransız ile Ponseti metodunu karşılaştıran yayınlardan Ponseti yönteminin üstün olduğu gösterenler olduğu gibi (16), tedavi sonuçlarının benzer fakat ailenin Ponseti metodunu Fransız metoduna göre iki kat daha fazla tercih ettiğini gösteren yayınlar da vardır (70).

2.9.2.1. Kite metodu

Kite yöntemi, manipölasyonu öneren ilk yöntemdir. Kalkaneoküboid eklemi patolojinin temel sorumlusu olarak kabul ederek manipölasyon ve üç nokta prensibine göre uygulanan seri alçılama ile deformitenin tüm bileşenlerinin ayrı ayrı düzeltilmesi esasına dayanıyordu. Teknik, bir elinizle ön ayağı kavrayıp, diğer elinizle topuğu arkadan tutmayı içeriyordu. Ayağı uzattıktan sonra, lateralden başparmakla talus medial yönde itilirdi ve medial olarak yerleştirilen işaret parmağı ile naviküla lateral yönde itilirdi. Ön ayak traksiyona alınırken topuk eversiyona zorlanırdı. Bu manipölasyonu, kalkaneoküboid eklem üzerinde bir dayanak noktasına karşı ön ayağın abduksiyonu ile kısa bacak alçı uygulaması izlerdi. Ön ayak adduksiyonu ve arka ayak varusunun düzeltilmesinden sonra, ekini düzeltmek için ayak yavaş yavaş dorsifleksiyona getirilirdi. Alçılar genellikle haftada iki üç kez değiştirilmek zorundaydı. Tam düzeltmeden sonra, nüksü önlemek için bir Phelps gece ateli uygulanırdı (Şekil 2.18).



Şekil 2.18: Phelps gece ateli (<http://www.oandplibrary.org/popup.asp?frmItemId=5CA0A4C4-98CF-4D5A-ABB4-7BD395414822&frmType=image&frmId=10> sitesinden alıntılanmıştır)

Temel dayanak noktası kalkaneoküboid eklem olduğu için kalkaneusun eversiyonu sağlanamamaktaydı. Ayrıca ön ayağın pronasyona alınması da patolojinin artmasına sebep olmaktaydı. Bu da yöntemin etkisiz olmasına sebep olmaktaydı.

İlk yayınlar bu yöntemin etkili olduğunu göstermesine rağmen daha sonra çıkan yayınlar bunu teyit edemediği için, tedavi sürecinin 20 ay gibi uzun bir süreç alması ve nüks ve cerrahi gereksiniminin yüksek oranda görülmeye başlanmasıyla vazgeçilmiştir (20, 71).

2.9.2.2. Fransız metodu

Fonksiyonel yöntem olarak da bilinen Fransız yöntemi, ayağın günlük manipülasyonu ve ayak çevresindeki kasların (özellikle peroneal kasların) 40 dakika boyunca stimülasyonu sonrası elastik olmayan yapışkan sargı ile sabitlenmesi şeklinde uygulanmaktaydı. 2 ay boyunca günlük tedavinin ardından altı ay boyunca haftada 3 seans olarak devam etmektedir. Ardından 2-3 yıl gece splinti uygulanmaktaydı. %50 oranında başarılı sonuçlar bildirilmişti. Zaman içinde CPM cihazı ile gece boyunca ayak ve ayak bileğine pasif hareket yaptırılmış tibialis posterior kası ve medial fibröz bölgenin yumuşatılması ve esnetilmesi hedeflenmiştir.

Bu yöntem ekonomik olmaması, fizyoterapist desteğinin gerekmesi, uzun bir öğrenim sürecinin olması, günlük manipülasyonun gerekmesi ve sonuçların istenildiği gibi elde edilememesi sonucu zamanla uygulayıcı sayısı azalmıştır (72-74).

2.9.2.3. Ponseti metodu (4, 75-77)

Ignacio V. Ponseti tarafından 1940'lı yıllarda uygulanmaya başlanan, sonuçları 1963 yılında yayınlanan (9) ama klinik pratikte sıklıkla kullanılmasına 2000'li yıllarda geçilen ve günümüzde altın standart olarak görülen yöntemdir.

Yöntemin tüm aşamalarına sıra ile aşağıda değinilecektir. Tüm aşamalarda manipülasyonlar nazikçe yapılmalı, deformite yavaş yavaş düzeltilmeli, bağlar kendi doğal elastikiyet miktarlarının ötesinde asla zorlanmamalıdır.

Kavus

Tedavide ilk olarak hedeflenen kavus yani yüksek arkın düzeltilmesidir. Bunun genel olarak sebebi birinci metatarsın aşırı plantar fleksiyonudur. Bu durum bütün ayak supinasyonda iken ön ayağın arka ayağa göre pronasyonda olmasına sebep olur. Bunu gerçekleştirmek için ayağın önü ile arkası aynı hizaya getirilecek şekilde ilk alçıya pozisyon verilir. Bu aşamada PEV'in diğer komponentlerin düzeltilmesiyle

uğraşılmaz.

Ayak önü supinasyona ve abduksiyona alınarak kavus düzeltilir. Dolaylı olarak arka ayağın da addüksiyonunu düzeltilmiş olur. Bu aynı zamanda kalkaneusun talus altında kilitlenmesini de önleyen bir manipülasyondur. Hedeflenen düzelmeye bir alçı ile ulaşılabileceği gibi birden çok seri alçılama ile de ulaşılabilir. Bu aşama tamamlanmadan yani kavusun tamamen düzeldiğine emin olunmadan sıradaki aşamaya geçilmemelidir. Ayağın plantar medial kıvrımın kaybolduğu ve plantar fasyasının yeterli düzeyde gerildiği görüldüğünde diğer aşamaya geçilebilir.

Varus ve Adduktus

Sırada adduktus ve varusun beraber düzeltildiği alçılar gelir. Bu deformiteler ön ayağın adduktusu ve arka ayağın varusu şeklinde görülür. Yine kalkaneus ağır ekinde inversiyon ve addüksiyonda ve navikula ve küboid mediale kaymış ve inversiyon postüründedir. Bu ilişki ayağın medialini geçen tibialis posterior, parmak fleksörleri ve ayak bileği medialindeki kısalmış bağlarla sıkıca korunmuştur. Bu tendon ve bağların esnetilerek talus, navikula, küboid ve kalkaneusun laterale yer değiştirmesi sağlanmalıdır. Bu talusun lateral yüzeyinde talus başına basarken ayağa abduksiyon hareketiyle sağlanır.

İlk alçıda plantar fleksiyondaki ayak supinasyondadır. Giderek artan bir şekilde ayağa abduksiyonla beraber supinasyon deformitesi de düzeltilir. Bu aşamalar esnasında mutlaka kavus kontrol edilmeli ve pronasyona getirilen ayakta kavusun tekrar gelişip gelişmediği muayene edilmelidir. Tekrarlayan defalar yapılan alçılarla ayak medial bağları ve kaslarının iyice esnediğinden emin olunmalıdır. Bu aşamada metatars kırıklarına dikkat edilmelidir. İyi uygulanan teknikle kalkaneus inversiyonu da kendiliğinden olması gereken eversiyon konumuna gelir.

Ayağın 60-70 derece dış rotasyona döndüğünün görülüp, kavus deformitesinin de tekrarlamadığından emin olduğumuzda diğer aşamaya geçilir.

Ekin

Topuk normal pozisyonunda iken yani inversiyon ve addüksiyonu düzeltilmişken son aşamada ekin düzeltilir. Ekinin düzeltilmesi için gergin ayak bileği ve subtalar eklemin kapsülleri ve bağları, talusun trokleası ile aşıl tendonunun

esnetilmesi zorunludur. Ayakta bir el tabanın altına konur diğer elle topuk kavranıp aşağı çekilirken ayak dorsifleksiyona zorlanır. Asla nötral pozisyondan daha fazla pronasyon yapılmamasına dikkat edilmelidir.

Aşilotomi seri alçılama sonrası %60-%99 oranında hastada gerekmedikte olup seri alçılama sonrası muayene ile değerlendirilmekte ve ayak pasif olarak nötral pozisyona göre 10-15 derece dorsifleksiyona getirilemeyenlerde aşil tenotomisi yapılmaktadır (78-81).

Aşilotomi sonrası 60-70 derece dış rotasyonda 10-15 derece dorsifleksiyonda son alçılama uygulanır (Şekil 2.19).

2.10. Aşil Tendonu

2.10.1. Aşil Tendonu Anatomisi

Tendon, ağırlıklı olarak mekanik bir işlevi olan, bileşimsel olarak karmaşık bir dokudur, kuvvetleri kastan kemiğe ileterek kas kasılmalarını eklem hareketine dönüştürür.

Aşil tendonu vücuttaki en kalın ve en güçlü tendondur ve alt ekstremitenin biyomekaniğinde çok önemli role sahiptir. Bu kadar güçlü olduğu bilinmesine rağmen, literatürde tendon rüptürleri içinde %50 lik oranıyla en sık hasarlanan tendon olarak bildirilmiştir (82).

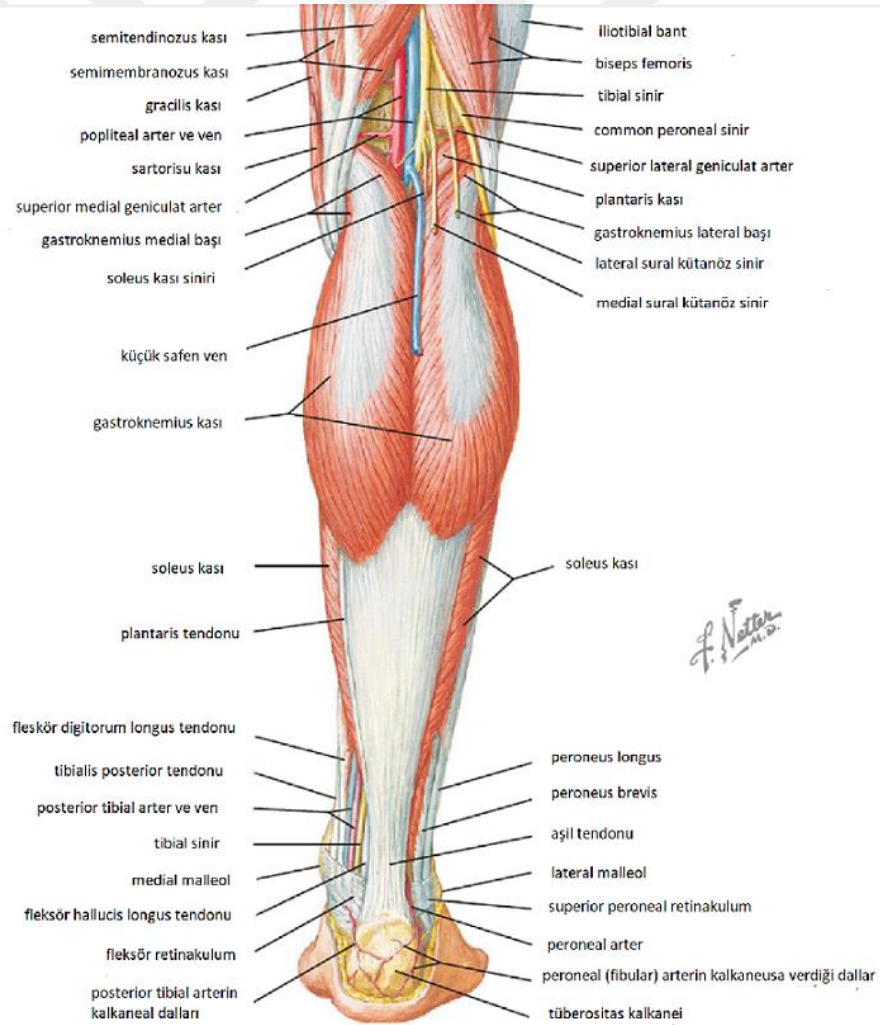
Ölçülen en yüksek aşil tendonu kuvveti; baldır kaslarının çalışması esnasında, skuat ardından zıplama ile ölçülen 3786 N ve 51 J'lık kuvvettir (83). Vücut ağırlığına göre değerlendirildiğinde aşil tendonu üzerindeki maksimum yük 3000 N'den fazla gerilme kuvveti ile koşu sırasında vücut ağırlığının yaklaşık 6,1-8,2 katıdır (84).

Gastroknemius kasının iki başı, tendonun kalkaneusta sonlandığı yerin erişkinde yaklaşık 12-15 cm proksimalinde soleus kası ile birleşir ve tendonun yapışma yerine kadar soleus kasından ilave lifler alarak kalkaneus yapışma yerinin 5-6 cm proksimalinde aşil tendonunu oluşturur (85, 86). Literatürde kendine yer bulan diğer anatomik varyasyonda ise gastroknemius aponörozunu doğrudan distalde soleus aponörozuna girer (87).

Aşil tendon uzunluğu ile ilgili ortalama yaşı 4 aylık olan bebeklerin toplam 202 ayağı incelenmiş ayak dorsifleksiyon pozisyonundayken ortalama olarak 3,07 cm (2,5-4,9 cm) olduğu gösterilmiştir (88). Uzunluğu bebeğin boyuyla ve yaşıyla da doğru orantılıdır (88).

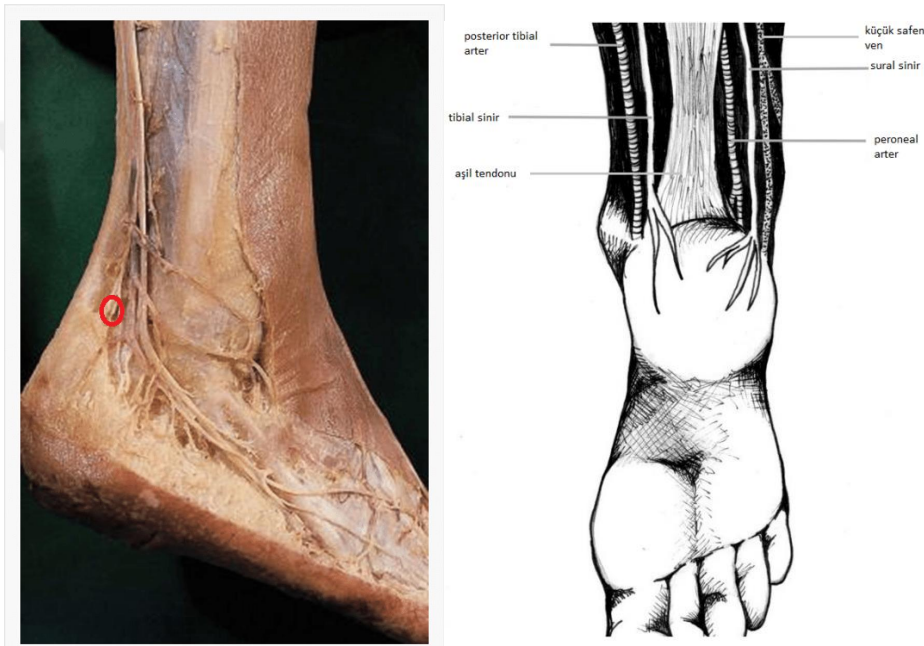
Tendonun ortasına kadar yassıdır daha sonra alt ucuna doğru giderek yuvarlaklaşır ve kalkaneusta insersiyon yerine yaklaştıkça tamamen yuvarlak bir tendon şeklini alır yapışma yerine 4 cm kala tekrar bir miktar genişleyerek ve yassılaşılarak delta şeklinde kalkaneusta sonlanır. Kalkanuesun posterior yüzeyinde dışarıdan bakılınca üç farklı görünümlü yüzey ayırt edilebilir. Bu yüzeyler üst, orta ve alt yüzeylerdir. Kişiden kişiye farklılık gösterse de aşıl tendonu çoğu zaman orta yüzeyde sonlanır. Orta ve alt yüzeyin sınırlarını ayırt eden keskin kenar da aşıl tendonunun en distalde sonlandığı yerin sınırını belirler (89).

Tendon komşuluğunda olan plantaris kası, aşıl tendonunun medialinde ilerler, aşıl tendonu yapısına katılmaz ancak her iki tendon da kalkaneus üzerinde ortak bir noktada sonlanırlar. Kişilerin yaklaşık %7-10'unda plantaris kası ve dolayısıyla tendonu bulunmaz (90) (Şekil 2.19).



Şekil 2.19: Aşıl tendon anatomisi (*Atlas of Human Anatomy by Frank Netter, MD. Reproduced by courtesy of CIBA-GIEGY Limited, Basel/Switzerland'dan alıntılanmıştır*)

Aşıl tendonu yüzeysel bir yapı olduğu için sadece yüzeysel sinirlerle ilişkisi vardır. Yüzeysel bir sinir olan sural sinir, bacağın arka kısmının ve ayak sırtının lateralinin duysal innervasyonundan sorumludur. Aşıl tendonu'nun arkasında ilerler ve sıklıkla küçük safen ven tarafından eşlik edilir. Derinde yer almasına rağmen tibial sinir de risk altındaki diğer nörolojik yapıdır (85) (Şekil 2.20).



Şekil 2.20: Ayak bileği lateralden görünüm Sural sinir kırmızı ile işaretli (*referans (91)'den alıntılanmıştır*)

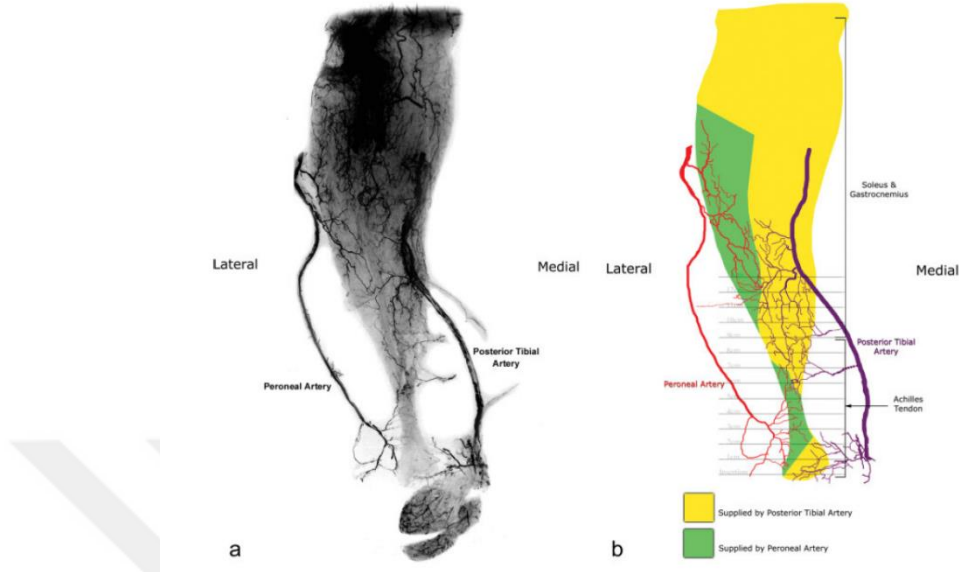
2.10.2. Aşıl tendonu kanlanması

Aşıl tendonu her ne kadar vücuttaki en kalın ve en sağlam yapıdaki tendon olsa da kanlanması nispeten kısıtlı kaynaklardan olmaktadır. Günümüze kadar yapılan çalışmalar, aşıl tendonunun beslenmesini sağlayan damarların tibialis posterior ve peroneal arter olduğunu göstermektedir (92).

Aşıl tendonunu asıl besleyen damar posterior tibial arterin reküren bir dalıdır (93). Peroneal arter hem proksimalde hem de distalde posterior tibial arter ile anastomoz yaparak aşıl tendonunun beslenmesine katkıda bulunur. Aşıl tendonunun beslenmesine önden tendon boyunca katkı sağlayan diğer yapı paratenondur (94).

Tendon beslenmesi üç bölümde incelenmektedir. Proksimalde güçlü kanlanan

müskülotendinöz bileşke, ortada nispeten kanlanması zayıf orta zon ve distalde yine güçlü kanlanan osteotendinöz bileşke olarak ayrılmaktadır (94) (Şekil 2.21, Şekil 2.22).



Şekil 2.21: Aşil tendon damarlanması (*a: radiografisi, b: şematize edilmiş hali*) (referans (92)'ten alınmıştır)

Damarların tendonun uzunluğu boyunca eşit bir şekilde uzanmadığını belirten çalışmalar bulunmaktadır. Tendonun proksimal ve distal 1/3'lük bölümün vaskülaritesinin iyi, orta 1/3'lük bölümünün vaskülaritesinin daha zayıf olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır. Yaşın ilerlemesi ile beslenmesi daha da bozulan aşil tendonu ileri yaşlarda patolojik olaylardan daha çok etkilenmektedir. İleri yaşlarda meydana gelen bu bozukluklarının en sık bu az kanlanan bölgeden olduğu gösterilmiştir (92-95).



Şekil 2.22: Aşıl tendon damarlanması kadavra görüntüsü (*Functional anatomy and biomechanical aspects of the Achilles tendon, Nihal Apaydın'dan alıntılanmıştır*)

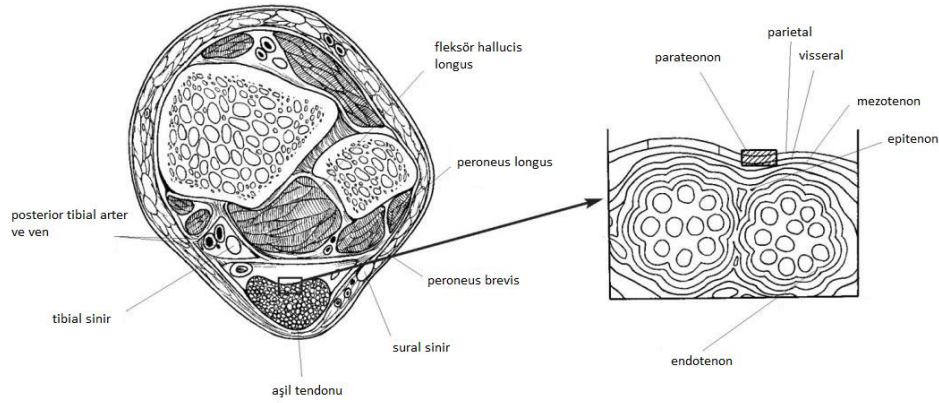
2.10.3. Aşıl tendon histolojisi

Aşıl tendonunun lifleri dikey değil 90 derece spiraldir. Bu düzenleme sayesinde tendonunu uzayabilme özelliği artar ve depolanan enerjinin hareket esnasında daha rahat kullanılmasına olanak sağlanmış olur (96).

Tendonun mikroskopik özelliklerine bakacak olursak her biri endotenon ile sarılmış olan kollajen lif demetlerinden oluşmaktadır ve sağlıklı kişilerde bu liflerin %95'i tip I kollajendir (97). Bu yapı sayesinde tendon orijinal uzunluğunun %4'ü kadar esneyip uzayabilir. Ancak uzunluğunun %8'inden fazla gerilecek olursa kopabilir (97).

Yaşın ilerlemesiyle tip I kollajen azalır tip 3 kollajen artar. Tip I kollajenin azalması, tendonun elastikiyetinin azalması ve rüptüre daha yatkın olması anlamına gelmektedir. Yeniden sentezlenen kollajen tip III'dür ve tip I kollajen kadar esnek değildir (97).

Endotenon ile sarılı her bir kollajen lifi demetler şeklinde bir araya gelerek epitenon ile sarılır. Sinovyal kılıfa sahip olan diğer ayak bileği çevresi tendonlarının aksine aşıl tendonu paratenon olarak bilinen ince gevşek bir bağ dokusu ile arkasından çevrelenmiştir. Paratenon, bacağın derin fasyasının devamı olup, aşıl tendonuna daha fazla koruma ve dayanıklılık sağlar ancak sinovyası olmadığı için gerçek bir tendon kılıfı yapısında değildir. Paratenon yapısı tendonun vasküler desteğin önemli bir bölümüdür (93, 98-100) (Şekil 2.23).



Şekil 2.23: Aşil tendon ve çevre anatomisi, paratenon yapısı
(<https://www.arthrex.com/resources/presentation-slides/p6w2JpLj6kyrYQFYlt3gnA/scientific-evidence-for-achilles-midsubstance-speedbridge> sitesinden alıntılanmıştır)

Tenotomi Zamanlaması

Perkütan olarak uygulanan tenotominin amacı; son kalan komponent olan ekinusu düzeltmektir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ayağın rocker bottom deformitesine ilerlemeden düzelmesini sağlamaktır. Bunun için aşilotominin tam, doğru yerden ve usulüne uygun yapılması önem taşımaktadır. Ponseti yönteminde bu kararın doğru zamanda ve doğru hastaya verilmesi önemlidir. Bunun için dikkat edilmesi gerekenler:

- Ayak bileğinin pasif olarak 10-15 derece dorsifleksiyona getirilip getirilmediğine veya zorlu olarak getirilebilse bile aşil tendon gerginliğine göre tenotomi kararının verilmesi gerekmektedir. Eğer bir gerginlik varsa veya pasif olarak istenilen hareket yapılamıyorsa tenotomi gereksinimi doğmuştur.
- Ayak abdüksiyonunun yeterli olup olmadığına karar verilmelidir. Ayak pasif olarak 60-70 derece dış rotasyona gelebilmelidir. Bu sırada kalkaneus anteriorunun talus altından palpe edilmesi önemlidir.
- Kalkaneusun varus pozisyonundan valgus pozisyonuna geçtiğinin görülmesi gerekmektedir. Bu durum ayağa arkadan bakılarak ve kalkaneus palpe edilerek anlaşılmaktadır.
- Pirani skoru; arka ayak skoru 1'den büyük, orta ayak skoru 1'den küçük ve talus başı örtünümü tam (0) olmalı.

Aşilotomi gereksiniminin oranı çeşitli yayınlarda %60-%99 oranında olduğu gösterilmiştir (78-81, 101-103).

Aşil Tenotomisi

Aşil tenotomisi bebeklik çağında miyelinizasyon henüz tamamlanmadığı için lokal anestezi ile (104) hatta anestezi yapılmaksızın uygulanabilir (105). Bununla birlikte ameliyathane şartlarında da yapılabilmektedir (106). Yapılan bir çalışmada erken çocukluk döneminde anesteziye maruz kalınmasının davranışsal ve gelişimsel bozukluklara sebep olabileceğini bildirmiştir (107).

Aşıl tenotomisi esnasında tibial ve sural sinir, fleksör hallucis longus tendonu veya tibial ve peroneal arterler gibi tendona yakın yapıların varlığı unutulmamalıdır. Bu nedenle, açık veya yarı açık, hatta modifiye perkütan veya Vulpius kas içi uzatma, botulinum toksini enjeksiyonu, iğne ile tenotomi ve önden arkaya kontrollü teknikler diğerleri tarafından önerilmişse de perkutan tenotomi minimal invaziv olması, 30 yıllık izlemde sonuçlarının iyi oluşu, en düşük komplikasyon oranına sahip olması, düşük maliyet, genel anesteziye gerek duyulmaması, daha pratik olması ve hızlı tedaviye olanak sağlaması sebebiyle önerilmektedir (108-116).

Bazı yazarlar tenotomi öncesi hem dorsalis pedisin hem de posterior tibial arterin elle muayenesini eğer palpe edilemiyorsa dopplerle incelenmesini ve eğer peroneal arterin ayağı besleyen tek arter olduğu tespit edildiği takdirde perkütan tenotomi yerine açık tenotomiyi önermişlerdir (117).

2.10.4. Tenotomi Tekniği

Steril koşullar sağlandıktan sonra ayak dorsifleksiyona zorlanır. Tenotomi 1 yaşın altında lokal anestezi altında poliklinik şartlarında, 1 yaşın üstünde sedasyon ile ameliyathanede yapılmalıdır (118). Yapılan bir başka çalışmada bu sürenin 3 ay olduğu, 3 aydan önce tenotominin poliklinik şartlarında yapılması gerektiği söylenmiştir (119). Tenotomi yapıldıktan sonra lokal anestezik enjekte edilebilir. Tenotomi öncesinde tendonun palpasyonunu zorlaştıracığından lokal enjekte edilen anestezikler önerilmemektedir (120). Burada uygulanan aşılotomi uzatma prosedürü değil tam kat kesidir. Daha önce bu konuda yapılan çalışmalarda tam kat kesi sonrası tendonun tamamen iyileşerek, oluşan defektin 3. haftada kapandığını göstermiştir (121). 11 no'lu bistüri (122), 15 no'lu bistüri (123) veya Beaver Eye bistüri (118) ile medialden aşıl tendon liflerine paralel şekilde cilt geçilerek girilir daha sonra bistüri ucu laterale doğru çevrilir ve nörovasküler yapılara zarar verilmeden medialden laterale, derinden yüzeyele tek seferde tenotomi uygulanır (25, 124, 125) (Şekil 2.24).



Şekil 2.24: 11 no bistüri ve beaver eye blade

Aşil tendonunun iyileşmesinin desteklenmesi için tendonun sinir ve damarlarını içeren paratenonun sağlam kalmasına özen gösterilmelidir (77).

Bistüri ucu ile kesinin hissedilmesi, gelen pop sesi, ayak bilek hareketlerinin rahatlaması, aşil tendonunda oluşan palpe edilebilir bir gapin oluşması ve Thompson testinin negatif oluşu işlemin başarılı olduğunu gösterir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25: Aşil tenotomisi

2.10.5. Tenotomi sonrası son alçı

Son alçı ayak tibiaya göre 60-70 derece dış rotasyonda ve 10-15 derece dorsifleksiyona zorlanarak uygulanır. Ayak aşırı düzeltilmiş pozisyonundadır. Ayak asla pronasyona getirilmemelidir. Bu durumun yeniden kavus gelişmesine sebep olabileceği unutulmamalıdır. Yapılan bu son alçı 3 hafta tutulur (Şekil 2.26).



Şekil 2.26: Aşilotomi sonrası son alçı

2.10.5.1. Alçının uygulaması, çıkarılması ve son alçı

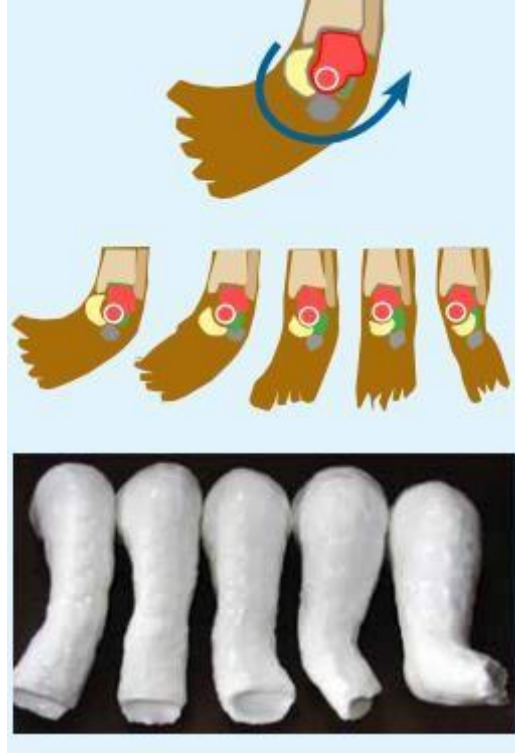
Alçı uygulanan manipölasyonun korunması amacıyla şarttır. Alçılama başlamadan onam alınmalı, hasta yakınıyla hastalığın her yönünün konuşulduğundan, sakinleştirildiğinden ve olası alçı komplikasyonlarının anlatılmış olduğundan emin olunmalıdır. Her alçılama öncesi 3-5 dakika masaj yapılmalı ve bağlar iyice esnetilmelidir.

Alçılama arasında uzun süre geçirilmemesine dikkat edilmelidir. Bu durum erken dönemde ekstremitenin şişmesiyle uzun dönemde ise alçılama sayısının artmasıyla ve relaps görülmesiyle sonuçlanmaktadır (126).

Alçılama aşamalarında destek noktası her zaman birinci metatars başı ve talus başıdır. Alçı öncelikle dize kadar sarılmalı, alçı donduktan sonra diz doksan derece fleksiyondayken diz üstünde uyluğun üçte ikisine kadar uzatılmalıdır. Talusun

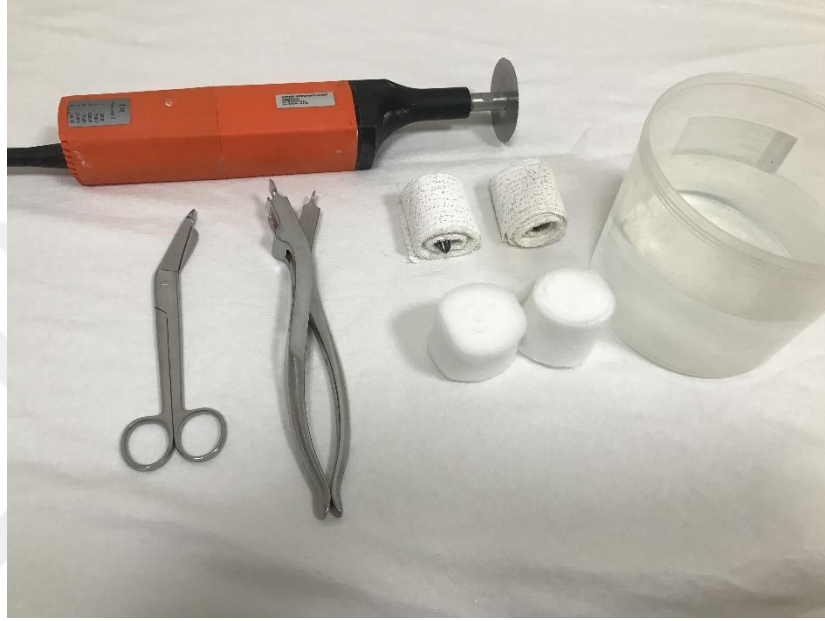
abdüksiyonunu korumak için uyluğa kadar alçının uzatılması şarttır. Bunun sebebi bebek bacağıının yuvarlak olması ve tibia kristasının bebeğin yağ dokusuyla kaplı olmasından dolayı alçının yeterince iyi oturmaması ve kısa bacak alçılama ile kaldığı takdirde bacağın ayakla beraber alçı içinde içe dönmesine sebep olması nedeniyledir. Ayrıca bebeklerde kısa bacak alçı kolaylıkla bacadan kayabilmektedir. Bunu önlemek için alçıyı sıkı sarmaksa ayakta ek komplikasyonlara sebep olmaktadır.

Beş santimetre uzunluğunda yumuşak pamuk her seferinde üçte ikisi birbirini üzerine binecek şekilde toplamda her bölgede üç kat olarak şekilde parmaklardan uyluk üstüne kadar sarılır. Tedavide kullanılabilen beyaz alçı ile sentetik alçının karşılaştırıldığı bir çalışmada beyaz alçı ile tedavi edilenlerde tedavi sonrası daha düşük dimeglio skoru bulunmuştur (127). Çalışmamızda biz de beyaz alçıyı tercih ettik. Suda ıslatılmış standart beyaz alçı ile (127, 128) parmak ucundan başlanarak diz altına kadar manipülasyon altında ilk alçı sarılır. Anatomi ve manipülasyon iyi değerlendirilerek uygulanır ve alçı dondurulur. Ardından alçı, dizler 90-100 derece fleksiyonda uyluk proksimaline kadar uzatılır. Alçının çıkmaması için diz fleksiyonuna ve pamuk ve alçının sıkılığına dikkat edilmelidir. Şekilde Ponseti yöntemine göre alçılama aşamaları sırayla görülmektedir (Şekil 2.27).



Şekil 2.27: Ponseti alçılama aşamaları sırayla (referans (10)'dan alınmıştır)

Alçının çıkarılması ise alçı motoruyla dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Alçı motorunun fazla ısınıp termal hasar yapmamasına özellikle dikkat edilmelidir. Daha öncesinde pamuğun usulüne uygun ideal kalınlıkta sarılması bunun olmasını engellenmesine yardımcı olmaktadır. Alçı motoru ile alçı kesildikten sonra alçı ayırıcı ile sirküler alçı gevşetilir. Ardından bir ucu künt alçı makası ile pamuk kesilerek alçı çıkarılmalıdır (Şekil 2.28).



Şekil 2.28: Alçılama ve alçının çıkarılmasında kullanılan malzemeler

Bebeğin çok huzursuz oluşu, alçının topuk çevresinde topuğun şeklini almayarak düz olması, alçının herhangi bir noktasında kalıcı bir çökmenin oluşu, gergin ya da çok gevşek sarılan bir alçı, bacağın alçı içinde hareket etmesi, parmak dolaşımının olmaması veya parmakların gözlenmeyecek şekilde kapatılması, dize yeterince fleksiyonun verilememiş ya da istenilen pozisyonun korunamamış olması alçının düzgün yapılmadığına işaret eden göstergelerdir ve yeniden yapılması gereklidir.

2.10.5.2. Ortez uygulanması

PEV deformitesinin düzeltilmesinden sonra nüksü engellemek için 2-4 yıl ortezlemek gerekmektedir. Özellikle prematürlerde kaslarda miyozin oranının fazla olmasının nüks riskini artırdığı unutulmamalıdır. Ayağın son alçısında ulaştığımız hareket açıklığını ve şeklini korumak temel amaçtır.

PEV'in Ponseti yöntemi ile tedavisi sonrası tedavide elde edilenin korunmasında en önemli basamak ortez kullanımıdır. Ayağın düzeldiğinin görülmesi ailelerde yanlış bir güvene ve orteze gerek kalmadığını düşünmelerine sebep olabilmektedir. Düşük eğitim düzeyine sahip ailelerde bu yanlış algının belireceği öngörülse de, yapılan bir çalışmada ortez uyumsuzluğunun ailenin eğitim, sigorta veya kültür düzeyi gibi sosyoekonomik faktörlerle ilgisi olmadığı göstermiştir (129). Bu yüzden Ponseti yöntemi ile tedavi sonrası ortez kullanılması anlatılmasına ve iyi takip edilmesine özellikle dikkat edilmelidir.

Bazı yazarlar, Ponseti tedavisini takiben tek taraflı ayak-ayak bileği ortezinin kullanımını (Şekil 2.31), velcro kayışlarla sabitlenmiş klasik ayak ayak bileği ortezi (AFO) veya 90 ° C'de diz boyunca uzanan lateral bara sabitlenmiş bir ayakkabıdan oluşan sistem kullanarak araştırmışlardır. Ancak %83 oranında relaps görülmesi ile bu uygulamadan vazgeçmişlerdir (130, 131) (Şekil 2.29).



Şekil 2.29: Tek taraflı ayak abdüksiyon ortezi (<https://images.journals.lww.com/jpo-b/Original.01202412-201101000-00005.F1-5.jpeg> sitesinden alıntılanmıştır)

Bu amaçla kullanılan en uygun ortez Dennis Brown tarafından 1934 yılında tanımlanan ortezdir. Ayağa iyi oturan ayakucu ve topuğu açık böylece iyi kullanımın ve dolaşım kontrolünün sağlanabildiği arada omuz genişliğinde barla birbirine sabitlenen botlar kullanılır. Çocuğun rahatlığı için bar uzunluğunun çocuğun omuz genişliğine eşit olması gerekliliği bu duurmun ana nedenidir (25). Ayağa 60-70 derece dış rotasyon verilmelidir. Unilateral olgularda sağlam ayak 45 derece dış rotasyonda sabitlenmelidir.

Bazı botlar nötralden daha fazla ayağı dorsifleksiyona alınabilmektedir, bu durum tercih sebebi olabilmektedir. Eğer mümkünse 10 derece dorsifleksiyon verilmelidir. Bu ortez ilk 3 ay günde 23 saat kullanılmalı, takip eden 3-4 yıl ise günde 14-16 saat kullanılmaya devam edilmelidir (21, 25). Yine yapılan bazı çalışmalarda yürüme çağına kadar günde 23 saat daha sonra 3-4 yıl sadece gece veya uyurken kullanılmıştır (80) (Şekil 2.30).



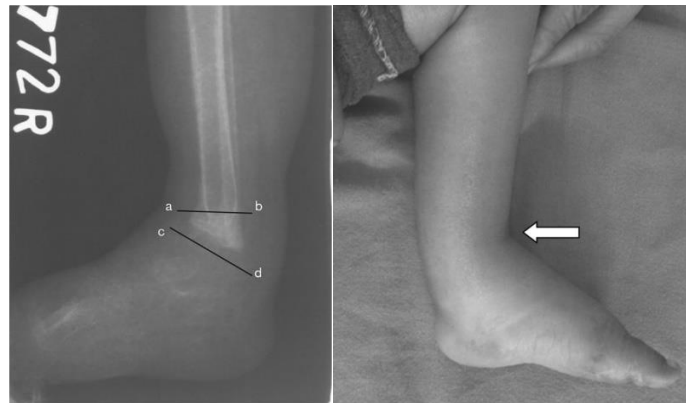
Şekil 2.30: a-sol PEV, b-sağ PEV, c-bilateral PEV'li bebek ortez kullanımı

2.10.6. Konservatif tedavi komplikasyonları

2.10.6.1. Alçılama yapılan hatalara bağlı oluşan komplikasyonlar

- Distal tibia anterior fiziste hasar ve distal tibia fibula kırığı

Ekin deformitesini düzeltici son alçıda dorsifleksiyonun dikkatli verilmemesi ve fazla zorlanması durumunda tibia anterior fizisinde hasarla beraber tibia fibula distal kırıkları da görülebilmektedir (132) (Şekil 2.31).



Şekil 2.31: Anterior tibial fizyal hasar (solda) ve tibia distal anteriorunda derin kırık çizgisi izlenmekte (referans (132)'dan alıntılanmıştır)

- Talusun şekil bozukluğu (flat top talus):

Düz tepeli talus, idiyopatik PEV tedavisine sekonder patolojik bir değişiklik olarak, talus süperior eklem kıkırdağının zorla dorsifleksiyonu ve sıkışması sonucu nonoperatif manipülasyonun komplikasyonu olarak tanımlanmıştır (133) (Şekil 2.32).



Şekil 2.32: Flat top talus görüntüsü (<https://doctorlib.info/pediatric/principles-management-pediatric-foot/principles-management-pediatric-foot.files/image102.jpg> sitesinden alıntılanmıştır)

- Rocker-Bottom (kayık ayak) deformitesi

İdiyopatik doğuştan çarpık ayağın konservatif tedavisi sırasında kayık ayak deformitesi ortaya çıkabilir. Bu deformitenin patoanatomisi, arka ayak ekin pozisyonunu koruması sonrası ortaya çıkan bir plantar konveksite ile karakterizedir. Konveksite başlangıçta medial kolonda daha sonra lateral kolonda ortaya çıkar. Deformitenin apeksi genellikle dorsal kalkaneokuboid subluksasyonla birlikte tarsal kemiklerin hizasındadır (134) (Şekil 2.33).



Şekil 2.33: Rocker-Bottom (kayık ayak) deformitesi (<https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0929693X14005193-gr8.jpg> sitesinden alınmıştır)

- Posterior kapsülün aşırı gerilmesi ve kontraktürü
- Alçıya bağlı komplikasyonlar (75) (Şekil 2.34)

Bunlara ek olarak Ponseti alçılama aşamalarında en sık yapılan hatalara değinmiştir (75):

- Ön ayağın eversiyona alınması halinde kavus artar ve plantar fasya kalınlaşarak ayakta sertlik oluşur. Kalkaneus inversiyonda kilitlenir ve orta ayak dizilimi bozulur.
- Ayak adduksiyonu kalkaneoküboid eklem çevresinde rotasyona alınmaya çalışılırsa kalkaneus abdüksiyonu zorlaşır, küboid redüksiyonu engellenir, ayak önünde lisfranc bağları gerilerek orta ayağın redüksiyonu engellenir.
- Uzun bacak alçı yerine diz altı alçı uygulanırsa ayağın ve talusun rotasyonu ve redüksiyonu yeterli sağlanamaz ve pozisyon kaybı oluşur.
- Ön ayak adduktus ve inversiyonunun düzeltilmeden ya da tüm ayak yerine sadece ön ayağın dorsifleksiyona zorlanması ile ekin düzeltilmeye çalışılması Rocker Bottom (kayık ayak) deformitesine neden olur (Şekil 2.33).

- Alçılama süresinin üç haftayı aştığı durumlarda osteoporoz gelişebilir. Kısa tutulduğu takdirde efektif düzelme sağlanamaz. Yeterli gerilme ve gevşemeye ulaşamaz.



Şekil 2.34: Alçılamaya bağlı bası yarası komplikasyonu

2.10.6.2. Tenotomiye bağlı komplikasyonlar

- Kanama:

Tenotomi esnasında çevre nörovasküler yapılar dikkat edilmelidir. Bu bölgenin anatomik komşuluğunda medialde posterior tibial arter, lateralde peroneal arter ve küçük safen vane bağlı kanamalar görülmektedir (Şekil 2.35).

Yine yüzeysel küçük venlerin kanaması da görülebilmektedir. Tenotomi sonrası bölgeye yaklaşık 3 dakika baskı yapılmalı ardından kanamanın durduğundan emin olunduktan sonra gazlı bezle kapatılması yeterli olmaktadır.

Literatürde yapılan bir çalışmada 219 PEV’li ayak üzerinde çalışılmış ve 4 ayakta alçıyı doyuran yumuşatan ve alçının açılarak kompresyon ile kanamanın durdurulmasını ve gözlemi gerektiren kanama olduğu görülmüştür (118). Bunların 3’ü peroneal arter kaynaklı iken 1’i küçük safen ven kaynaklı kanama olarak bildirilmiştir. Bizim hiçbir hastamızda alçıyı doyuran ve alçıyı revize etmemizi gerektiren kanama

olmadı.

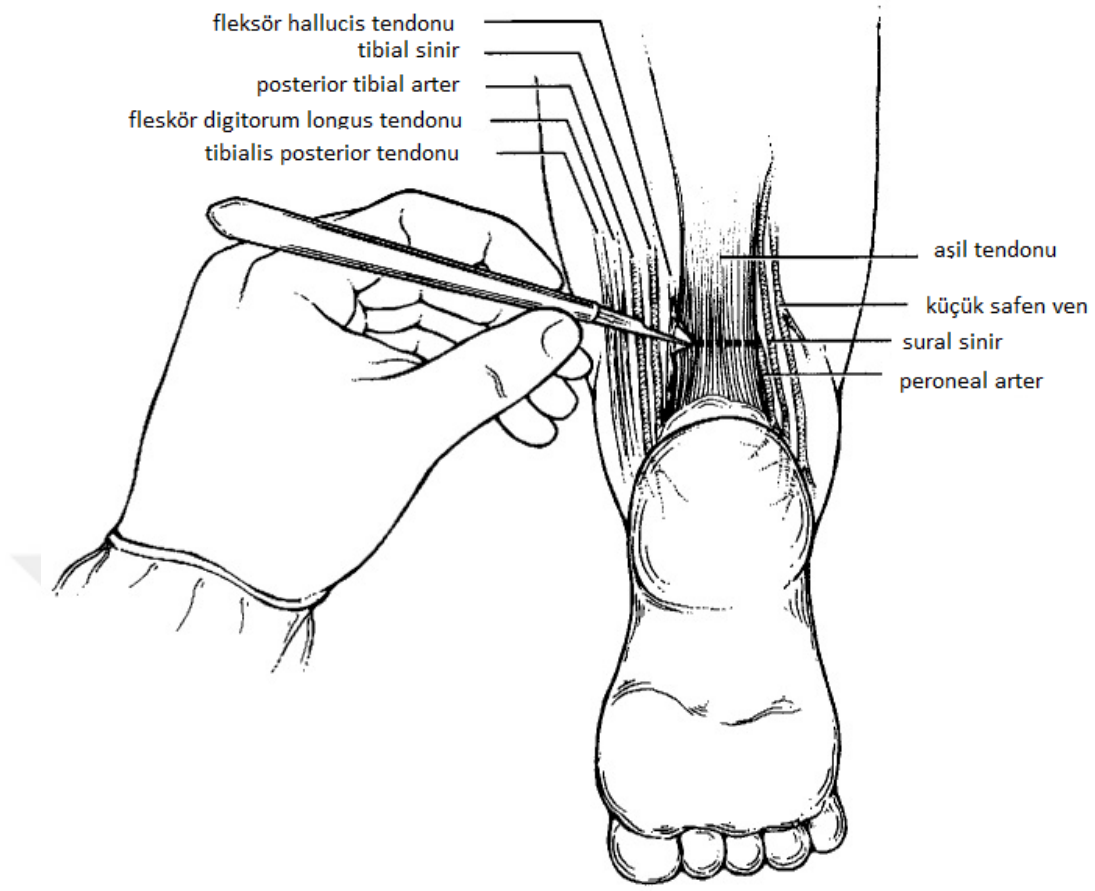


Şekil 2.35: Tenotomi sonrası uygulanan alçılama sonrası gelişen kanama (her iki fotoğraf farklı hastalara aittir)

- Nörolojik hasar

Sural sinir bu bölgedeki riskli nörolojik yapı olarak göze çarpar. Sural sinir, aşıl tendonunun distal üçte bir kısmına paralel uzanır (Şekil 2.36). Tenotomi sırasında bıçağın laterale doğru fazla ilerletilmesi, sonradan kronik ağrı sendromu ve sural sinir duyu dermatomunda hissizlik bulgusu ile kendini gösteren kliniğe sebep olabilir. Hem perkütan hem de mini-açık teknikte, sural sinire doğrudan zarar verme riskini en aza indirmek için aşıl tendonu üzerinde laterale geçilmemesi önerilmektedir. Ayrıca, sural sinirin istem dışı tuzaklanma riski perkütan yöntem göre açık teknikte daha fazladır.

Tibial sinir yine bu bölgedeki riskli yapılardandır. Literatürde bir olgu sunumunda tibial sinir ile birlikte posterior tibial arterin tenotomi esnasında total kesildiği gözlenmiş. Tenotomi sonrası kanama ile kendini belli eden ve kompresyona rağmen devam etmesi sonrası eksplorasyonla teşhis edilen bu durum sonrası ekinde son alçı yapılmak durumunda kalınmış tibial sinir iyileşmiş fakat vaka deformitenin nüks etmesi ile sonuçlanmıştır (117).



Şekil 2.36: Aşıl tenotomisi esnasında çevre yapılar (referans (118)'ten alıntılanmıştır)

- Cildin transvers kesisi

Tenotomi esnasında aşıl önünden arkasına doğru kesi yapılır. Bu da aşıl posteriorundaki cildin tenotomi gerçekleştiği andan hemen sonra yanlışlıkla kesilmesine sebep olabilir.

- Yetersiz tenotomi

Aşilin yeterli yani tam kat kesilememesine bağlı problemler oluşabilir. Ekin düzeltilmesi esnasında ayağın rahatlıkla dorsifleksiyona geldiğinin görülmesi önemlidir. Buna rağmen tam kat tenotominin yapılmadığı durumlarda bile tam kat tenotomi yapılan grupla kıyaslandığında hastalığın gelişimi açısından anlamlı fark olmadığını gösteren yayınlar da mevcuttur (123).

Buna karşılık yetersiz tenotomi ile rezidüel ekinus ile karşılaşıldığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (121). Olası diğer komplikasyonlar:

- Posterior kalkaneal tuberositas hasarı (135)

Kalkaneusa çok yakın yapılan tenotomiler esnasında bistüri çok fazla anteriora

ilerletilirse kalkaneusa zarar verilebilir.

- Yara dudaklarının birleşmemesi
- Yara yeri enfeksiyonu
- Psödoanevrizma (136)

2.11. Ultrasonografi

USG, dokuya gönderilen ultrasonografik ses dalgalarının yansıması sonrası elde edilen sinyallerin kesitsel görüntüye dönüştürülmesi mantığına göre kullanılan bir noninvaziv görüntüleme yöntemidir. Özellikle yumuşak dokuları incelemek için önemli bir görüntüleme yöntemidir (137). Kas iskelet sisteminde kas ve tendonların değerlendirilmesinde iyi bir yöntemdir (138).

USG tekniğinin gelişimi 1826 yılında ilk defa denizcilik alanında ses dalgalarının geri yansıması kullanılarak suyun altında mesafe ölçümünün yapılmasıyla başlamıştır. 1930-1940'larda Almanya ve Avusturya'da ultrasonografik tıbbi görüntüleme üzerine kapsamlı çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. İlk klinik uygulamalar obstetrik ve jinekolojik görüntülemeler ile 1960'larda İskoçya'da gerçekleştirilmiştir (139).

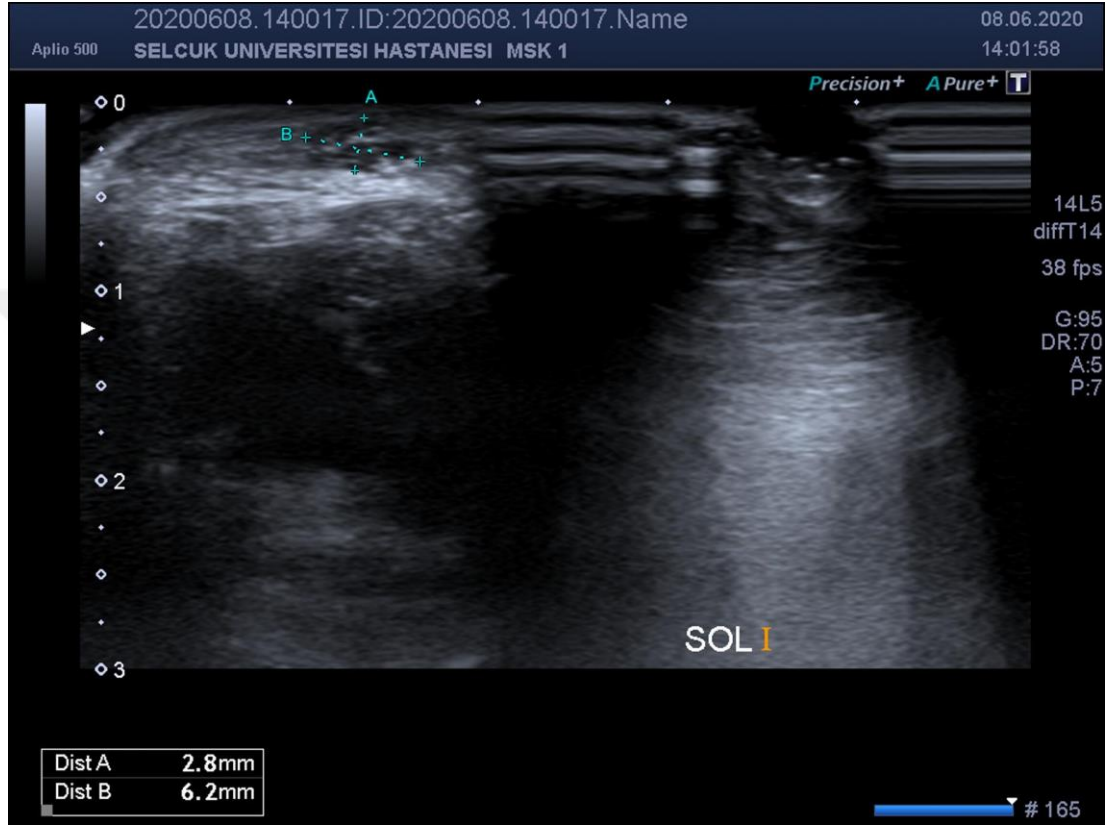
Kas-iskelet sisteminde USG kullanımının en erken çalışması, Baker's kistinin tromboflebitten ayrıldığı 1972 yılına kadar uzanmaktadır (140). 1978'de USG, sinoviti göstermek ve romatoid artritte tedavi sonucunu değerlendirmek için kullanılmıştır (141). 1980 yılına gelindiğinde Graf kalça ultrasonografisi ile gelişimsel kalça displazisinin tanınabileceğini göstermiştir (142). Tendonların USG olarak görüntülemelerinin ilk raporları önce sağlıklı aşıl tendonlarının (143), sonra aşıl rüptürü sonrası tendonların sonuçlarının gösterilmesi ile başlamıştır (144).

Ayak bileğinde dokuların yüzeysel olması ve ultrasonografi ile kolay erişilebilir olması ayak bileği çevresinde ultrason kullanımını yaygınlaştırmıştır (145). Kaslar, hiperekoik olarak görülebilmekle birlikte, çevre dokulara göre rölatif olarak hipoekoiktir. Kemik korteksi hiperekoiktir ve korteks derinlerinde genellikle gölgelenme oluşturur. Kemiğin iyileşmesi USG ile izlenebilmektedir. USG'de tendonlar ince, düzenli ve düzgün sınırlı hiperekoik bant biçiminde görülürler. Ligamanlar da hiperekoiktirler ancak tendonlara oranla daha yoğun ekojenite gösterirler (145, 146).

Tendon ve ligamanların değerlendirilmesinde temel USG görüntüleri, MRG bulgularıyla korelasyon gösterir. Tendon çapının değerlendirilmesi (Şekil 2.37),

tendinopati, rüptür ve dislokasyon gibi çoğu tendon hasarının tanısını koymak amacıyla USG kullanıldığından beri, MRG daha az kullanılmaktadır (147).

US, radyolojinin diğer temel tetkikleri olan BT ve MRI'a göre, uygun maliyeti, kolay ulaşılabilir ve taşınabilir olması ve radyasyon içermemesi gibi özellikleriyle tanıda çoğu zaman ilk seçenek yöntemdir (138).



Şekil 2.37: Aksiyel planda aşil tendonunun ultrasonografik ap ve ml mesafelerinin ölçüm örnekleri

Günümüzde dokuların hastaya minimal hasar vererek mümkün olan en az invaziv incelenmesi metodları kendine daha çok kullanım alanı bulmaktadır. Ultrason da bu prensiple çalışan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Elastografi, ultrasonografik olarak uygulanan bir test metodudur. Amaç palpasyon mekanizması ile aynıdır. Uygulanan kuvvete karşı koyan elastikiyeti/sertliği ölçmeyi amaçlamaktadır (148).

2.11.1. Sonoelastografi Teknikleri

Dokuya uygulanan kuvvete karşı koyan yüzeyde ve çevre dokularda meydana gelen değişikliklerin ölçülmesine dayanır. Bu yanıt dokunun sertlik veya elastikiyetine bağlı değiştiğinden ölçümün verisi bize doku hakkında bu yönde bilgi verir. Yapılan elastogramlarda elde edilen elastisite verileri young modülüne göre incelenir.

Krouskop ve ark. Sonoelastografi (SE)'nin dokuları görüntülemeye kullanılabileceğini ilk kez 1987 yılında belirtmişlerdir (148). Çeşitleri; klinikte uygulanan ve birer elastografi teknikleri olan; gerçek zamanlı elastografi, strain elastografi (SE), akustik radyasyon kuvveti darbesi (ARFI), SWE ve transient elastografidir (149). Birer ultrasonografi tekniği oldukları için invaziv olmayan ve hastaya zararsız tekniklerdir.

SWE harici metodların en önemli dezavantajları çok subjektif olması ve yapılan baskının gücüne karşı o oranda farklı sonuç alınmasıdır. Derin dokuları incelerken yüzeysel dokuların dirence katkısı sebebiyle total değerde ne kadarlık kısmın istediğimiz sonuç olduğunu bilinememesi de bir diğer negatif yönüdür. Bu yüzden bu çalışmada daha nesnel ölçümler veren, istediğimiz lokalize ettiğimiz dokuya özgü değerler alabildiğimiz, shear akustik dalgasını kullanan, SWE metodu kullanılmıştır (150).

2.11.2. Shear Wave Elastografi

Tendon yaralanmaları sonrası tendon biyomekaniğinin değerlendirilmesi için mevcut standart görüntüleme teknikleri ultrason ve manyetik rezonans görüntülemedir. Bu yöntemler aşıll tendonunun da morfolojik ve devamlılık analizine izin verirler, ancak viskoelastisite gibi biyomekanik özellikleri kantitatif olarak değerlendirmezler. Bu nedenle, klinik kullanım için tendon mekanik özelliklerini ölçebilen yeni bir görüntüleme yöntemine ihtiyaç vardır.

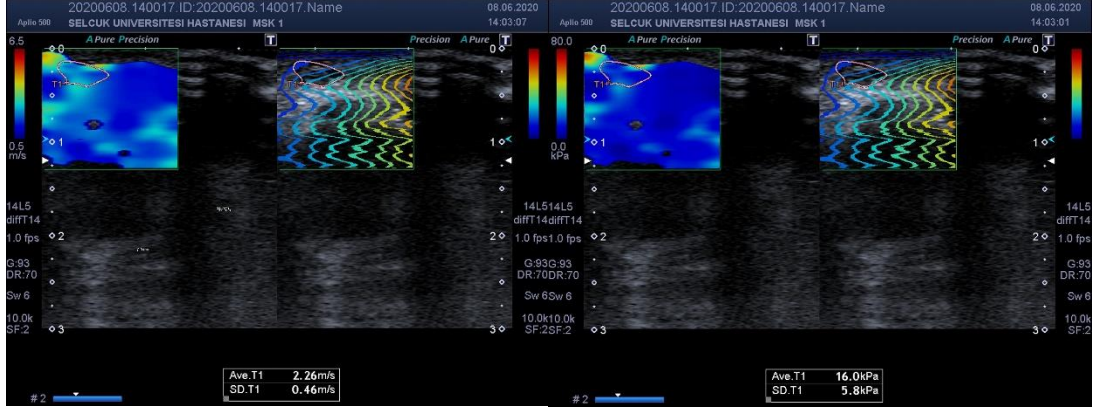
Bu amaçla kullanılabilen SWE ilk kez 2002'de tanımlanan (151), incelenmek istenen dokuya yöneltilmiş shear dalgaları gönderip yumuşak dokuda yaratılan geçici deformasyon ve dinamik yer değiştirme sonrası geri dönen dalgaların hızı ölçülerek sonuca gidilen bir yöntemdir. Bu ölçüm saniyede 20000 görüntü alınması ile yapılır. Bu hız ölçümün milisaniyeler içinde tamamlanmasını sağlar. Bunun anlamı SWE gerçek zamanlı anlık sonuç verebilen bir sonoelastografi yöntemidir. Sonuçta iki ve üç boyutlu renkli görüntüler elde edilmektedir (152, 153). Ekrandaki her piksel için SW

hızı (m/s) ya da elastisite (kPa) ölçülür. Renk skalası en düşük 0 kPa (koyu mavi) ile +180 kPa (kırmızı) arasında değişir. Mavi renk dokunun yumuşaklığını, yeşil ve turuncu renk orta sertliği, kırmızı renk ise sert dokuyu ifade etmektedir. Çok sert (yapısal olarak sert, fibrozis ile iyileşen, kistik, tümöral vb) dokularda sinyaller yayılamadığı için sinyalsiz olarak karşımıza çıkar (154). Dokuda shear wave hızı doku sertliğinin kare kökü ile doğru orantılıdır (Young modülü). Dokunun elastisitesi $E = \rho c^2$ hesabı ile bulunur. Bu formülde “E” hesaplamaya çalıştığımız doku elastisitesini ifade ederken “ ρ ” doku dansitesini (kg/m^3) cinsinden ve “c” SW hızını (m/s) cinsinden ifade eder (99). SW hızı ise “m/s” [Young modülünde hesaplanarak $= 3(\text{SW hızı})^2$ kPa] ile cinsinden bulunur (152, 155).

Konvansiyonel ultrason dalgalarının akustik yayılım kuvveti, ses dalgalarının doku ile etkileşimi sırasında ultrason dalgalarına dik olarak transvers planda yayılım gösteren ve dokularda küçük yer değiştirmelere yol açan dalgalar (shear wave) oluşturur. Özel algoritmalar kullanılarak (speckle tracking algorithm) dokuların yer değiştirme haritaları elde edilir. Bu haritalar da dokuların metre/saniye (m/s) ya da kilopaskal (kPa) cinsinden elastisite değerlerinin elde edilmesinde kullanılır. Bu dalgalar (shear waves) sert dokularda daha hızlı, yumuşak dokularda ise daha yavaş hareket eder (Şekil 2.38).

SWE tendinopatiler, tendon rüptürleri ve tendon iyileşmesinde kullanılabilen önemli bir yöntemdir (156). Shear dalgaları göndererek çalıştığı için dış kuvvet uygulanmasına gerek duyulmamaktadır ve bu sebepten uygulayıcı bağımsız bir tekniktir. Ayrıca normal ultrasondan farklı olarak hastalığın erken döneminde farkedilmesini sağladığı gibi takibinde de kullanılabilmesine olanak sağlar (149, 157, 158). Ayrıca, SWE’nin gelişen tendon güçsüzlüklerini tahmin etmede yardımcı olabileceğine ve bu şekilde klinisyenin fizik tedavinin erken başlangıcına karar vermesine yardımcı olabileceğine inanılmaktadır (157). Aşıl tendonu ile ilgili nicel ve nitel bilgiler saptamak amacıyla da kullanılabileceği gösterilmiştir (159-161).

SWE’nin çocuklarda kasların değerlendirilmesinde kullanılabileceğinin ve güvenli ve zararsız bir metod olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (162).



Şekil 2.38: SWE aşıl tendonu ms ve kp olarak ölçüm örnekleri

Erişkinlerde aşıl tendon rüptürü sonrası cerrahi olarak tamir edilen tendonların iyileşmesinin izleminde SWE'nin kullanılabileceği daha önceki çalışmalarda gösterilmiştir (163). Çocuklarda ise karaciğer fibrozisinde (164), pankreas patolojilerinde (165), tiroid bezi patolojilerinde (166), timüs bezinde (167), adolesan skolyozunda annulus fibrozis değerlendirilmesinde (168), mesane fonksiyonlarını izlemede (169), kronik böbrek hastalığının erken tanısında (170), inmemiş testisin cerrahi sonrası değerlendirilmesinde (171) gibi çeşitli hastalıklarda ayrıca kas iskelet sisteminde de masseter kası (172), kalça fleksörleri ve addüktörleri (173), serebral palsili çocuklarda kas sertliğini ölçmede (174), ailesel hiperkolesterolemide aşıl tendonunda meydana gelen değişikliklerin incelenebildiğini (175), yapılan bir sistematik araştırmada çocuklarda kas elastisitesini veya sertliğini göstermede etkili olduğunu (162) gösteren yayınlar mevcuttur. Ama literatürde bizim araştırdığımız kadarıyla PEV tedavisinde aşılotomi sonrası tendon iyileşmesinin izleminde SWE kullanılan bir çalışma bulunmamaktadır.

3. MATERYAL METOD

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'ne başvuran ve PEV tanısı alan hastalarda SWE ile tendon iyileşmesi incelendi. Bunun için hastalardan idiyopatik PEV tanısı alanlar ve Ponseti yöntemi ile tedavi edilenler çalışmaya dahil edildi. Retrospektif olarak yapılan bu çalışmada hastaların dosya kayıtlarında aşılotomi öncesi ve sonrası SWE incelemelerinin olması ve hastaların çalışma süresince takiplerine düzenli devam etmeleri çalışmaya dahil edilme kriterleri olarak alındı.

3.1. Hastaların Seçilmesi

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'ne 01.01.2020 ile 01.01.2021 arasında başvuran ve sendromik veya nöropatik gibi sekonder nedenli veya pozisyonel olmayan tarafımızca yeni PEV tanısı konulan hastaların çalışmaya alınması kararlaştırıldı. Bunun için öncelikle Selçuk Üniversitesi Etik Kurulundan 2020/466 karar sayısı ile onay alındıktan sonra takipte olan hastalar çalışmaya dahil edildi. Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi otomasyon sisteminden belirtilen tarihler içindeki hastalarla ilgili veriler retrospektif olarak tarandı. Dahil edilme kriterleri olarak

- Sekonder sebeplere bağlı veya pozisyonel olmayan
- Yeni tanı
- 0-28 gün yaşında tedaviye başlananlar
- Alçılama öncesi ve tenotomi sonrası elastografileri yapılanlar
- Alçı çıkarıldıktan sonra klinik fotoğrafı olup tenotomi seviyeleri ölçülebilenler çalışmaya dahil edildi.

Hastaların Pirani skorları, fotoğrafları arşivden tarandı. Hastalar rutin kontrollerine geldiklerinde muayeneleri tekrarlandı. Cinsiyetleri, doğum haftaları, doğum tarihleri, bilateral/unilateral olduğu, aile öyküleri değerlendirildi ve not edildi (Şekil 3.1).

Tarih:

**PES EKİNOVARUSLU BEBEKLERDE AŞİL TENOTOMİSİ SONRASI TENDON İYİLEŞMESİNİN
ULTRASONOGRAFİK SHEAR-WAVE ELASTOGRAFI İLE İNCELENMESİ
TEZ ÇALIŞMASI**

BEBEK ADI SOYADI:

TC NO:

KIZ/ERKEK:

DOĞUM TARİHİ VE YERİ:

SABA ADI:

ANNE ADI:

CEP TELEFONU NUMARASI:

BİLATERAL/UNILATERAL:

AİLE ÖYKÜSÜ:

ALÇILAMA TARİHLERİ:

ALÇILAMA SAYISI:

TENOTOMİ YERİ:

EK ÖZELLİK:

BAŞLANGIÇ VE TEDAVİ SONRASI PİRANİ SKORLARI:

SAG AYAK:

Deformity	Present and last (1)	Mild (0-1)	Altered (0-1)	Present and last (1)	Mild (0-1)	Altered (0)
Flex-foot deformities						
Plantar flexion crease	1	0.5	0	Plantar flexion crease	1	0.5
Empty heel	1	0.5	0	Empty heel	1	0.5
Plantar creases	1	0.5	0	Plantar creases	1	0.5
Mild-foot deformities						
Curvature of lateral border of foot	1	0.5	0	Curvature of lateral border of foot	1	0.5
Medial crease	1	0.5	0	Medial crease	1	0.5
Lateral bend of talus	1	0.5	0	Lateral bend of talus	1	0.5
Total score				Total score		

SOL AYAK:

Deformity	Present and last (1)	Mild (0-1)	Altered (0-1)	Present and last (1)	Mild (0-1)	Altered (0)
Flex-foot deformities						
Plantar flexion crease	1	0.5	0	Plantar flexion crease	1	0.5
Empty heel	1	0.5	0	Empty heel	1	0.5
Plantar creases	1	0.5	0	Plantar creases	1	0.5
Mild-foot deformities						
Curvature of lateral border of foot	1	0.5	0	Curvature of lateral border of foot	1	0.5
Medial crease	1	0.5	0	Medial crease	1	0.5
Lateral bend of talus	1	0.5	0	Lateral bend of talus	1	0.5
Total score				Total score		

Tarih:

ELASTOGRAFI USS SONUÇLARI

BEBEK ADI SOYADI:

TC NO:

İLK ÖLÇÜM:

		SAG		SOL	
		AP:	MEDIO LATERAL:	AP:	MEDIO LATERAL:
AŞİL KALINLIĞI:					
SWI:	M/S				
	K/P				

DENNIS BROWN AYAKKABISI SONRASI 1. AY KONTROLÜ:

Tarih:

		SAG		SOL	
		AP:	MEDIO LATERAL:	AP:	MEDIO LATERAL:
AŞİL KALINLIĞI:					
SWI:	M/S				
	K/P				

Şekil 3.1. Hastaların dökümantasyonu

Toplam 29 PEV tanısı konulan hasta bulundu. Bunlardan elastografi verileri ve düzenli bilgileri olmayan 2 hasta, tedaviye devam etmeyen 3 hasta, tedavi sürecinde bilateral kalça septik artrit gelişen 1 hasta, tenotomisiz iyileşen 2 hasta, tekrar tenotomi uygulanan 1 hasta elastografi sonuçlarına etkisi olacağı düşünüldüğünden çalışmadan çıkarıldı. Toplam 20 hasta ile çalışma tamamlandı.

3.2. Hastaların Dışlanma Kriterleri

Hastalardan 28 günlükten büyük olanlar, sekonder sebeplere bağlı veya pozisyonel PEV olanlar, dış merkezde tedavisine başlanılanlar, tedavi takiplerine düzenli gelmeyenler, tekrar tenotomi ihtiyacı olanlar, ek hastalıklar dolayısıyla alçılama sekteye uğranılanlar, otomasyon sisteminde istenilen zaman diliminde ve belirtilen şekilde elastografi yapılmayanlar çıkarıldı.

3.3. Hastaların Tedavi İzlemleri

Bebekler Ponseti yöntemine göre tedavi edildi. 5-7 gün aralıklarla alçılmaları yapıldı. Alçılama ilk aşamada kavus düzeltildi. Kavusun düzeldiği kararı ayağın plantar medial kıvrımın kaybolması, ön ayak pronasyonunun kaybolması, plantar fasyanın yeterli düzeyde gerilmesi ve ayak önü ile ayak arkasının aynı hizaya gelmesinin görülmesi ile verildi. Kavusun düzeldiğinden emin olunduktan sonra

adduktus ve topuk varusu düzeltmeleri yapıldı. Bu düzeltmelerin tamamlandığına karar verildiğinde tenotomi aşamasına geçildi. Ortalama alçılama sayıları 5,2 (en az 3, en fazla 7 olmak üzere) olarak bulundu.

3.4. Hastaların Tenotomileri

Hastaların haftalık alçılmaları esnasında muayeneleri yapıldı. Bu muayene esnasında ayak bileğinin pasif olarak 10-15 derece dorsifleksiyona getirilemediği, ayak abdüksiyonunun yeterli (pasif olarak 60-70 derece dış rotasyona alınabildiği) olduğu, kalkaneusun varus pozisyonundan valgus pozisyonuna geçtiği ve Pirani skoru; arka ayak için toplam 1'den büyük, orta ayak için toplam 1'den küçük olduğu görüldüğünde tenotomi kararı alındı.

Hastalar işlem öncesi değerlendirildi. Poliklinik şartlarında aileler bilgilendirildi. Yapılacak işlem, tedavinin takibi, olası komplikasyonlar anlatıldı. Ailelerin bebekleri ile zaman geçirmesine bebeğin sakinleştirilmesine izin verildi. Ardından bebekler müdahale odasına alındı. İşlem süresince aileler dışarıda bekletildi. Bebekler muayene masasına supin pozisyonunda yatırıldı. Lokal anestezi madde (lidokain+prilokain içeren) Jetex krem bölgeye uygulandıktan sonra steril koşullar povidon iyodürlü solüsyonla sağlandı. Ardından ayaklar dorsifleksiyona zorlanarak 11 nolu bistüri ile medialden aşıl tendon liflerine paralel şekilde cilt geçilerek girildi daha sonra bistüri ucu laterale doğru çevrildi ve nörovasküler yapılara zarar verilmeden medialden laterale, derinden yüzeyle tek seferde tenotomi uygulandı. Sonrasında kanama olup olmadığı kontrol edildi. Alçılmaya geçilmeden önce bebeğin sakinleşmesi için beklenildi ve geç dönemde kanamanın oluşmaması için cerrahi sahaya 3 dakika steril gazlı bez ile baskı uygulandı. Kanamanın durduğu görüldükten sonra 60-70 derece dış rotasyonda ve 10-15 derece dorsifleksiyonda son alçı uygulandı.

3.5. Hastaların Elastografi Tetkikleri

Hastalara ilk başvurusunda ve ortez kullanımının dördüncü haftasında olmak üzere iki defa SWE uygulanmıştı. Çalışmamızda ikinci elastografileri aşılotomi sonrası yedinci haftada uygulanmış olanlar seçildi (101). 2. Elastografi esnasında tüm ayaklar nötral pozisyonunda tutularak ölçümler yapıldı. Bu şekilde standardizasyon sağlandı.

Yapılan SWE görüntülemeleri SÜTF hastanesi otomasyon sisteminden elde

edildi. Hastaların tüm alçılarını, tenotomi işlemleri aynı ortopedi asistanı tarafından aynı öğretim üyesi gözetiminde uygulandı ve yine SWE'leri de aynı radyolog öğretim üyesi tarafından yapıldı ve takip edildi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Aşıl tendonu SWE çalışması: ayağın ölçüm esnasındaki pozisyonu, probun konumlanması ile ekranda verilerin elde edilmesi

3.6. Hastaların Takipleri

Hastaların her aşamada aynı ekip tarafından poliklinik takipleri yapıldı. Hastaların son alçıları çıkarıldıktan sonra Dennis Browne ortezine geçildi. Bilateral olgularda her iki ayak 70 derece dış rotasyona alındı, tek taraflı olgularda PEV'li taraf 70 derece, sağlam taraf 45 derece dış rotasyona alındı. Ara bar genişliği omuz genişliğine göre ayarlandı.

Kullanılan ayakkabının burun kısmında ve topukta penceresinin olmasına özen gösterildi. Topuk penceresinden topuğun tam olarak oturup oturmadığı böylece ayak bileğinde istenen dorsifleksiyon açısının sağlanıp sağlanmadığı, parmak penceresinden ise dolaşım kontrolü yapıldı.

Hastaların ilk kontrolleri ayakkabı sonrası birinci ayda, sonraki kontrolleri iki ay sonra daha sonra ise üçer aylık periyotlarla yapıldı. Kontrollerde patolojinin nüks

edip etmediğine ve ayakkabı kullanımının doğru olup olmadığına bakıldı. Klinik pratiğimize dayanarak literatürde tanımlanan sınırlar içinde kalınarak hastalara bir yaşına kadar ortez günde yirmi üç saat kullanılması planlandı. Bir saat ayaklara masaj yapılması ve dinlendirilmesi için çıkarıldı. Bir yaşından sonra üç yaşına kadar ortezin sadece uyurken kullanılması planlandı.

Masaj nazik bir şekilde birinci metatars başı ve talus dayanak noktası olarak kullanılarak, avuç içiyle tüm ayak tabanı kavranarak, yaklaşık 10-15 derece dorsifleksiyon ve 60 derece dış rotasyon zorlanması şeklinde tarif edildi.

Takibimizdeki 1 hastamızda nüks gelişmesi sebebiyle tekrar tenotomi ihtiyacı duyulduğunu gördük. Tekrarlayan deformiteler ayağın ekin ve adduktus deformiteleriydi. Nüks gelişmesinde tenotomi sonrası bir ay ortez kullanmaması etkili olmuştu. Bu hasta elastografi sonuçlarına etki edebileceği gerekçesiyle çalışmadan çıkarıldı. Takibimizdeki 2 hastanın kanama şikayeti sebebiyle tenotomi sonrası 4 ve 6. saatlerde kliniğimize başvurulduğu görüldü. Yaklaşık 12 saat takip edilen hastaların kanama sahasının genişlemediğini ve alçıyı yumuşatmadıklarını görüldü. 2 hastamıza da alçı revizyonu gerekmedi. Bu hastalar çalışmaya dahil edildi.

3.7. Hastaların Sonuçlarının Değerlendirilmeleri

Hastalar çalışmamız esnasında iki aşamada incelendi.

Çalışmamızın ilk aşamasında unilateral olgularda sağlam tarafla PEV’li tarafın aşil tendonları SWE sonuçları ile kıyaslandı. İlk aşamada unilateral olgularda sağlam taraflarla tenotomi uyguladığımız tarafların preop ve postop SWE değerleri ile bunların değişimleri kıyaslandı.

Çalışmamızın ikinci aşamasında tenotomi yaptığımız hastalar iki gruba ayrıldı. Bu grupların tendon iyileşmeleri SWE yardımıyla kıyaslandı ve hangi grup tendonların daha sert veya elastik iyileştiği araştırıldı.

Tenotomi seviyelerine, aşılotomi sonrası uygulanan son alçılar çıkarıldıktan sonra, aşil tenotomisinin cilt skarının aşil tendonunun kalkaneus yapışma yerine uzaklığı ölçülerek karar verildi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Uygulanan tenotomi seviyelerinin tespiti (hastalardan izin alınmıştır)

3.8. İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel olarak baktığımız kriterler:

- Hastalığın derecesi ile alçılama sayıları,
- Preop-postop Pirani skorları,
- Preop-postop tendon kalınlıkları,
- Unilateral olgularda sağlam taraf ile PEV’li tarafın başlangıçtaki ile tedavi sonrası swe değerleri,
- Unilateral olgularda tenotomi seviyelerine göre sağlam taraflarla kıyaslanmaları
- Tenotomi seviyelerine göre iki grup arasında:
 - Pirani skorları,
 - Tendon kalınlıkları,
 - SWE değerleri arasında fark olup olmadığına bakıldı.

Sonuçlar istatistiksel analizde IBM SPSS 21. paket programı kullanılarak değerlendirildi. Öncesinde verilerin normalliği Shapiro-Wilk normallik testi ve q-q plotlar ile kontrol edildi ayrıca grup varyanslarının homojenliği Levene testi ile test edildi. Verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler uygunluğa göre ortalama $\pm$ standart

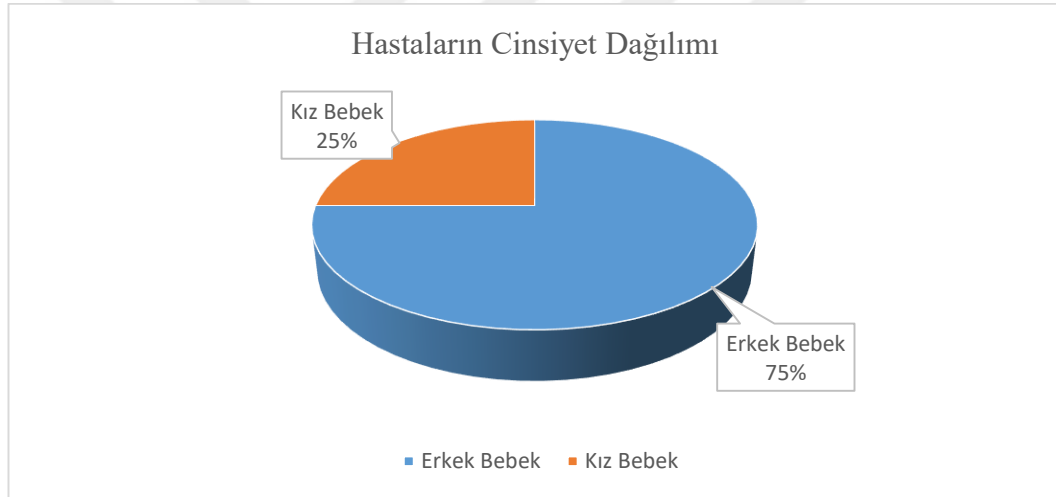
sapma veya medyan (min-max) olarak sunuldu. Boyut ve sertlik parametrelerini başlangıç ve son ölçümleri arasındaki farklar uygunluğuna göre bağımlı örneklem t testi veya Wilcoxon testi ile karşılaştırıldı. İstatistiksel testlerde anlam seviyesi yüzde 5 olarak alındı.



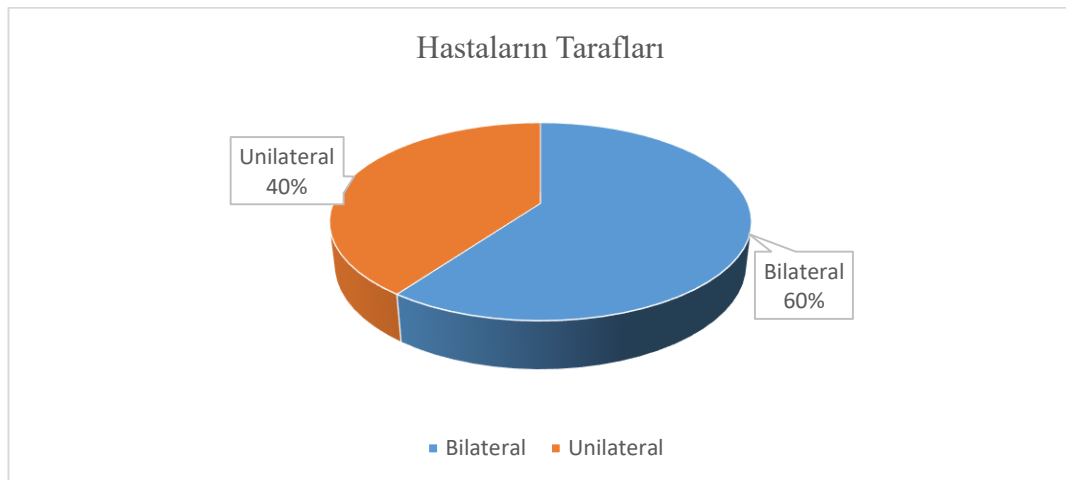
4. BULGULAR

Çalışmaya 05.02.2020 ile 15.09.2020 arasında kliniğimize başvuran, daha önce dış merkezde hiç tedavi almamış ve tarafımızca PEV tanısı konulan toplam 29 bebek katılmıştır. Takiplerinde 2 bebek kayıtlarında elastografi değerlendirmeleri olmadığı için, 1 bebek bilateral kalça septik artrit olması sebebiyle, 2 bebek tenotomi gereksinimi duyulmadan iyileşmesi sebebiyle, 1 bebek tekrar aşılotomi yapılması gereksinimi duyulduğu için, 3 bebek de takiplerine gelmedikleri için çalışmadan çıkarılmıştır. Çalışmamızı 5'i kız (%25), 15'i erkek (%75) toplam 20 bebek tamamlamıştır. Bebeklerin 12'si (%60) bilateral, 8'i (%40) unilateraldi (Tablo 4.1, Tablo 4.2).

Tablo 4.1. Hastaların Cinsiyetlerine Göre Dağılımı (15 erkek, 5 kız)



Tablo 4.2. Hastaların Tarafları (12 bilateral (8 erkek 4 kız), 8 unilateral (7 erkek 1 kız))



Ortalama Pirani skorları tek taraflı olgularda 4,25 bilateral olgularda 4,64, sağ Pirani skoru ortalama 4,4 olurken sol Pirani skorunun 4,69 olduğu görüldü. Erkeklerde Pirani skorları ortalaması 4,65, kızlarda Pirani skorlaması ortalaması 4,27 olarak saptandı. Ortalama alçılama sayıları 5,2. Ortalama unilateral olgularda alçılama sayısı 4,625, bilateral olgularda alçılama sayısı ise 5,58 olduğu görüldü. Unilateral 8 olgunun 4'ü sağ, 4'ü sol ayaktı, 7'si erkek 1'i kız bebektir.

Pirani skorlarında başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı düzelme gözlemledik (Tablo 4.3).

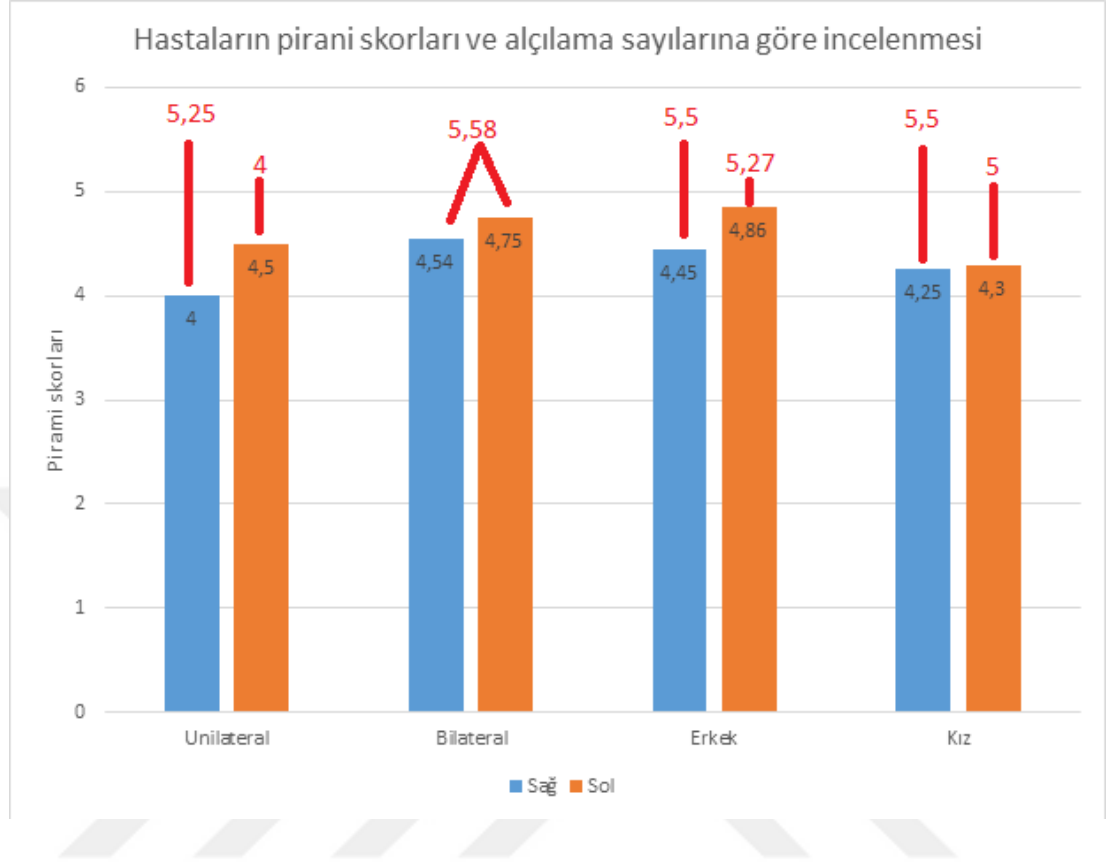
Tablo 4.3: Başlangıç Pirani skorları ile tedavi sonrası Pirani skorları

32 PEV'li ayak	Başlangıç Pirani skoru	Tedavi sonrası Pirani skoru	P değeri
Minimum değer	3	0,00	
Maksimum değer	6	1,5	
Ortalama değer	4,54	0,51	<0,001

Hastaların aşılotomi anındaki ortalama yaşları 6,8 hafta olarak değerlendirilmiştir. Hastalar çalışmamız süresince 6 ay takip edildi. Hastaların takiplerine hala devam edilmektedir.

Hastaların başlangıç Pirani skorları ile alçılama sayıları arasında anlamlı bir ilişki görülmemiştir (Tablo 4.4, Tablo 4.5, Tablo 4.6).

Tablo 4.4 Hastaların Pirani skorlarının alçılama sayılarına göre karşılaştırılması (sütunların üzerindeki kırmızı renkle yazılan sayılar her grup için ortalama alçılama sayısını göstermektedir)



Tablo 4.5: Başlangıç Pirani skorları ile alçılama sayıları arasında anlamlı korelasyon saptanmadı (spearman testi uygulandı)

32 PEV'li ayak	Ortalama ve standart sapması
Başlangıç Pirani skorları	4,55 ±0,77
Alçı sayısı	5,34 ±1
P değeri	0,25

Tablo 4.6: Vakaların ilk başvuru ve tedavi sonrası Pirani skorları ve alçılanma sayıları

HASTA	TARAF	CİNSİYET	TEDAVİ ÖNCESİ PİRANİ (SAĞ)	TEDAVİ ÖNCESİ PİRANİ (SOL)	TEDAVİ SONRASI PİRANİ (SAĞ)	TEDAVİ SONRASI PİRANİ (SOL)	ALÇILANMA SAYISI
H1	SAĞ	E	4		0.5		6
H2	BİLAT	E	5	4,5	1	1	7
H3	BİLAT	K	3,5	4	0.5	0.5	5
H4	BİLAT	E	4,5	5,5	0	1	5
H5	SOL	K		4		0	3
H6	BİLAT	K	4	3	0.5	0	5
H7	SAĞ	E	3		1		5
H8	BİLAT	E	3,5	5	0.5	0.5	5
H9	BİLAT	E	5,5	5,5	0,5	0.5	6
H10	SAĞ	E	5,5		1		4
H11	BİLAT	K	5,5	6	0.5	1	6
H12	SOL	E		5,5		0.5	6
H13	BİLAT	E	5	5	0	0	5
H14	BİLAT	E	5	4,5	0.5	0.5	5
H15	BİLAT	E	4,5	5	0.5	0	5
H16	BİLAT	E	4,5	4,5	0.5	1	7
H17	SOL	E		4,5		0	3
H18	SAĞ	E	3,5		0.5		6
H19	SOL	E		4		0.5	4
H20	BİLAT	K	4	4,5	0.5	0.5	6

Hem unilateral olgularda sağlam taraflarda hem de PEV'li taraflarda preopa göre tendon kesit alanlarında istatistiksel anlamlı olarak artış görüldü (Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9).

Tablo 4.7: PEV'li taraflar başlangıç ile tedavi sonrası tendon alanları (tedavi sonrası tendon kesit alanlarının arttığı gözlemlendi) (levene testi uygulanmıştır)

32 PEV'li ayak	Preop tendon alanı	Postop tendon alanı	P değeri
Minimum değer	4,02	5,08	
Maksimum değer	13,63	22,76	
Ortalama değer	7,76	13,13	<0,001

Tablo 4.8: Sağlam tarafların başlangıç ve tedavi sonrası tendon alanları (tedavi sonrası tendon kesit alanlarının arttığı gözlemlendi) (levene testi uygulanmıştır)

8 sağlam ayak	Preop tendon alanı	Kontroldeki tendon alanı	P değeri
Minimum değer	4,71	8,48	
Maksimum değer	12,66	15,83	
Ortalama değer	7,65	11,49	<0,001

HASTA	PREOP SAĞ AP	PREOP SAĞ ML	PREOP SAĞ ALAN	PREOP SOL AP	PREOP SOL ML	PREOP SOL ALAN	POSTOP SAĞ AP	POSTOP SAĞ ML	POSTOP SAĞ ALAN	POSTOP SOL AP	POSTOP SOL ML	POSTOP SOL ALAN
H1	2,40	5,30	9,99	2,10	4,70	7,75	4,20	6,90	22,76	2,70	7,10	15,06
H2	2,30	4,80	8,67	2,80	6,20	13,63	2,50	5,20	10,21	3,00	8,20	19,32
H3	1,40	4,40	4,84	1,50	4,50	5,30	2,20	5,00	8,64	2,50	6,20	12,17
H4	2,90	4,30	9,79	1,90	4,10	6,12	2,90	4,40	10,02	2,70	3,80	8,06
H5	1,50	4,00	4,71	1,80	4,20	5,94	2,40	4,50	8,48	1,80	4,30	6,08
H6	1,60	4,60	5,78	2,70	3,90	8,27	2,30	5,90	10,66	2,30	5,00	9,03
H7	2,10	5,20	8,58	2,30	4,90	8,85	2,90	5,30	12,07	2,45	5,10	9,81
H8	1,80	5,50	7,78	1,40	4,80	5,28	3,40	5,10	13,62	2,60	5,00	10,21
H9	2,70	4,20	8,91	2,00	5,00	7,85	2,90	6,20	14,12	2,80	5,20	11,44
H10	1,90	4,30	6,42	1,70	4,00	5,34	2,20	4,80	8,29	2,20	6,30	10,89
H11	2,10	4,70	7,75	2,30	4,00	7,23	4,30	5,30	17,90	2,80	5,60	12,32
H12	2,20	4,00	6,91	2,50	4,60	9,03	2,50	4,50	8,84	2,70	4,30	9,12
H13	2,20	4,90	8,47	2,20	5,50	9,50	3,60	6,30	17,81	3,00	7,40	17,44
H14	2,70	3,50	7,42	2,40	3,40	6,41	4,00	5,30	16,65	3,00	6,20	14,61
H15	1,70	3,20	4,27	1,60	3,20	4,02	2,40	5,20	9,80	2,60	5,50	11,23
H16	2,00	5,80	9,11	2,50	5,20	10,21	2,40	5,40	10,18	3,40	6,80	18,16
H17	3,10	5,20	12,66	3,00	5,00	11,78	3,20	6,30	15,83	3,00	6,00	14,14
H18	1,90	4,70	7,01	1,70	4,50	6,01	3,40	5,40	14,42	2,60	6,10	12,46
H19	2,50	4,60	9,03	2,80	4,60	10,12	2,80	4,80	10,56	3,60	6,20	17,53
H20	2,80	3,70	8,14	2,40	2,60	4,90	4,50	5,90	20,85	3,40	4,30	11,48

Tablo 4.9: Vakaların ilk başvuru ve tedavi sonrası tendon çaplarının karşılaştırılması (kırmızılar sağlam tarafı göstermektedir) (proep: tedavi öncesi, postop: tedavi sonrası, ap: anteroposterior uzunluk ve ml: mediolateral uzunluk mm (milimetre) cinsinden, alan mm² (milimetrekaire) üzerinden verilmiştir) ($\text{alan} = ((\text{ap}/2) * (\text{ml}/2) * \pi)$ olarak hesaplanmıştır).

HASTA	PREOP SWE DEĞERLERİ				POSTOP SWE DEĞERLERİ				TENOTOMİ SEVİYELERİ
	SAĞ MS	SAĞ KP	SOL MS	SOL KP	SAĞ MS	SAĞ KP	SOL MS	SOL KP	
H1	4.89	74.8	5.0	63	3.07	27.7	3.05	31.5	1-2 cm
H2	3.36	40.9	2.26	16	4.67	72	3.5	38.2	1-2 cm
H3	2.62	22.6	2.84	27.6	2.5	24	2.7	24.9	İlk 1 cm
H4	3.07	30.6	3.37	41.5	3.43	34.4	1.88	13.3	1-2 cm
H5	2.95	40	3.84	46.5	4.36	44.4	3.11	31.3	İlk 1 cm
H6	2.94	26.5	2.31	18	2.28	40.2	2.29	18.3	İlk 1 cm
H7	4.06	54.4	3.76	45.2	2.1	16.6	5.7	22.7	1-2 cm
H8	3.24	32.6	3.39	34.5	2.02	14.8	1.57	7.7	İlk 1 cm
H9	4.84	81.1	3.64	41.6	1.41	7	2.1	16.6	İlk 1 cm
H10	2.94	19.5	2.84	17	2.38	17.1	3.41	28.6	İlk 1 cm
H11	4.56	76.5	4.92	78.5	2.45	18.1	2.33	17	İlk 1 cm
H12	2.78	26	2.66	23.4	3.4	29	1.76	11.9	İlk 1 cm
H13	5.65	96.9	2.74	25.6	2.57	27.9	2.69	28.4	1-2 cm
H14	4.1	52.5	4.17	56.5	2.34	18.9	2.31	18.3	1-2 cm
H15	1.44	28.8	3.62	45	2.65	29	2.71	26.5	1-2 cm
H16	4.79	66.5	4.18	66.9	2.81	25.4	2.95	33.4	1-2 cm
H17	3.7	50	3.95	54.8	3.41	28.6	4.01	58	İlk 1 cm
H18	3.96	50.6	4	51	2.15	14.7	2.57	26.6	1-2 cm
H19	3.4	41	3.51	39.5	2.98	31.1	3.25	36.8	1-2 cm
H20	4.14	57.6	4	52.1	1.12	15.6	1.03	14.7	İlk 1 cm

Tablo 4.10: Hastaların tenotomi seviyeleri ile ilk başvuru ve tedavi sonrası SWE değerleri (kırmızı renkle yazılanlar sağlam tarafları göstermektedir ve kontrol değerleridir) (preop: tedavi öncesi, postop: tedavi sonrası, H: hasta, ms: milisaniye, kp: kilopaskal, cm: santimetre)

Tek taraflı olguların preop ve postop SWE değerlerini kıyasladığımızda anlamlı fark bulunmadı. (Tablo 4.10, Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Unilateral olgularda preop ve postop SWE değerlerinin karşılaştırılması (Mann whitney u testi uygulanmıştır) (ms: milisaniye, kp: kilopaskal, st: standart)

Bakılan değer	Sağlıklı taraflar 8 ayak		PEV'li taraflar 8 ayak		P değerleri
	Ortalama	St sapma	Ortalama	St sapma	
Tedavi öncesi ms	3,55	0,74	3,72	0,69	0,63
Tedavi öncesi kp	41,65	14,54	45,43	17,9	0,65
Kontrol ms	3,61	0,98	2,73	0,75	0,074
Kontrol kp	30,31	6,3	26,76	15,4	0,344

Tenotomi seviyelerine göre iki grup incelendiğinde preop Pirani skorları, tendon kesit alanları, preop SWE değerleri açısından anlamlı farklılık bulunamadı. Bu da çalışmanın standardizasyonu ve dengeli dağılımının gösterilmesi açısından önemliydi. İki grup arasında postop alan ve postop Pirani değerlerinde de anlamlı değişiklik saptanmadı. (Tablo 4.12)

Tablo 4.12: Hastaların tenotomi seviyelerine göre preop ve postop Pirani skorları ile tendon kesit alanları (cm: santimetre, st: standart)

Bakılan parametre	İlk 1 cm tenotomi		1-2 cm tenotomi		P değeri
	Ortalama	St. Sapma	Ortalama	St. sapma	
Preop Pirani	4,59	0,91	4,5	0,6	0,98
Preop alan	7,2	1,87	8,33	2,42	0,1
Postop Pirani	0,46	0,28	0,53	0,38	0,36
Postop alan	11,87	3,71	14,39	4,28	0,13

Tenotomi uygulanan tarafların SWE değerleri kıyaslandığında anlamlı fark olmadığı görüldü (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Hastaların preop tenotomi seviyelerine göre SWE değerlerinin karşılaştırılması (cm: santimetre, st: standart)

Bakılan parametre	İlk 1 cm tenotomi		1-2 cm tenotomi		P değeri
	Ortalama	St. Sapma	Ortalama	St. sapma	
Preop ms	3,55	0,81	3,69	1,03	0,897
Preop kp	43,33	21,52	49,18	20,49	0,642

Tenotomi uygulanan her iki grupta ilk ölçüme göre postop dönemde SWE değerlerinde anlamlı düşüklük saptandı (Tablo 4.14).

Tablo 4.14: Hastaların tenotomi seviyelerine göre tendonların preop ve postop SWE değerlerinin karşılaştırılması (cm: santimetre, st: standart ms: milisaniye, kp: kilopaskal)

Bakılan parametre	İlk 1 cm tenotomi				1-2 cm tenotomi			
	ms		kp		ms		kp	
	Ortalama	St sapma	Ortalama	St sapma	Ortalama	St sapma	Ortalama	St sapma
Preop	3,55	0,81	43,33	21,52	3,69	1,03	49,18	20,49
Postop	2,19	0,74	21,07	12,9	2,81	0,68	28,84	13,87
P değeri	0,001		0,006		0,02		0,017	

Postop SWE değerlerinde ilk 1 cm'den tenotomi yapılanlarda 1-2 cm'den tenotomi yapılanlara göre anlamlı olarak SWE değerlerinde düşüklük saptandı (Tablo 4.15).

Tablo 4.15: Hastaların tenotomi seviyelerine göre postop ms, kp değerleri ve bu değerlerin birbirleri ile istatistiksel karşılaştırmaları (cm: santimetre, st: standart)

Bakılan parametre	İlk 1 cm tenotomi		1-2 cm tenotomi		P değeri
	Ortalama	St. Sapma	Ortalama	St. sapma	
Postop ms	2,19	0,74	2,81	0,68	0,012
Postop kp	21,07	12,9	28,84	13,87	0,01

5. TARTIŞMA

Ayak, biyomekanik açıdan oldukça karmaşık bir yapıdır. Bu çalışmanın farklı bölümlerinde anlatıldığı gibi, kemikler ve yumuşak dokuların koordine çalışması ile multiieksende hareket edebilmektedir. Bu çok yönlü hareket kabiliyeti aynı zamanda hastalıklarını ele alırken patofizyolojisini ve patoanatomisini iyi anlama gereğini doğurmaktadır. Hastalığın oluş mekanizmasını, sırasını ve patolojinin komponentlerinin birbiriyle ilişkisini bilmeden patoloji düzeltilmeye çalışılmamalıdır.

PEV hastalığının tedavisinde cerrahi seçeneklerin yüksek komplikasyon, nüks ve başarısızlık oranları Ponseti yöntemine olan ilgiyi arttırmıştır. 1990'ların sonuna doğru dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (15). Bu çalışmada da güncel tedavi metodu olan ponseti yöntemi ile hastalar tedavi edilmiştir.

Hastalığın epidemiyolojisine bakıldığında Lochmiller ve arkadaşlarının son çalışmalarına göre erkekler kızlardan 2,5 kat daha sık etkilenmiştir (176). Zions ve arkadaşları yaptıkları çalışmada olguların %74'ünün erkek olduğunu söylemişlerdir (177). Bu çalışmanın literatür ile benzer olarak %75 erkeklerden, %25 kızlardan oluştuğu görülmektedir. Lochmiller'in çalışmasında olguların %50'si unilateral, Zions'un çalışmasında da %53 unilateral olduğu görülmektedir. Literatürden farklı olarak bu çalışmaya katılan hastaların 12'sinin bilateral 8'inin unilateral olduğu görüldü. Dobbs ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (178) ile (16 unilateral, 35 bilateral) bu konuda benzerdi. Lochmiller çalışmasında unilateral olgularda sağ ayak tutulumunun daha sık olduğunu görmüşlerdi ama bu çalışmada unilateral olguların 4'ünün sağ 4'ünün sol ayak tutulumu olduğunu görmüştür.

Ponseti metodu seri alçılama ile başlamaktadır. Macneille ve arkadaşları 2008-2015 yılları arasında aşıllı tenotomisi yapılan PEV tanılı 41 hastanın 63 ayağını geriye dönük olarak incelemişler ve PEV'in düzelmesi için gereken alçı sayısının ortalama 5,2 olduğunu bildirmişlerdir (179). Yapılan bir başka çalışmada Bor ve Herzenberg ortalama alçı sayısını 6,3 olarak bulmuşlardır (180). Ryan Gao ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada PEV'li olguların düzeltici alçı sayısının ortalama 5,8 olduğunu ama bu sayının, Dimeglio ve Pirani sınıflamalarına göre hastalığın şiddeti ile korelasyon göstermediğini bildirmişlerdir (181). Mazlina ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada preop Pirani skorunun gereken alçı sayısını gösteren bir belirteç olduğunu söylemişlerdir (182).

Bu çalışmada ortalama alçılama sayısını tek taraflı olgularda 4,6, bilateral olgularda 5,5 ortalama 5,2 olarak bulundu. Ortalama Pirani skorlarında tek taraflı olgularda 4,25 bilateral olgularda 4,64, sağ ayak ortalama 4,4, sol ayak 4,69 olduğu, erkeklerde ortalaması 4,65, kızlarda ortalaması 4,27 olarak saptandı. Pirani skorları ile alçılama sayıları arasında Ryan Gao ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ile benzer şekilde anlamlı bir korelasyon bulunamadı (Tablo 4.5).

Ponseti yöntemi ile PEV tedavisinde, Morcuende ve arkadaşları %98 (108), Colburn ve Williams %95 (183), Matuzsewski ve arkadaşları %85 (184) oranında erken dönem başarı yüzdesi bildirmişlerdir. Bu çalışmada Ponseti yöntemi ile tedavi edilen, takiplerine gelen, 23 hastanın sadece 1 tanesinde tekrar tenotomi ihtiyacı duyulmasıyla elde edilen (22/23) % 95,6 lık başarılı sonuç, literatür sonuçları ile uyumludur. Alçılama sayısının literatürle uyumlu oluşu, alçılama ve tenotomi aşamalarında ciddi bir komplikasyon yaşanmamış olması, preop ve postop Pirani skorları karşılaştırıldığında elde edilen istatistiksel anlamlı düzelme (Tablo 4.3) klinik olarak bu konuda yeterli tecrübe kazanıldığını ve tedavide başarılı olunduğunu göstermiştir.

Ponseti yöntemi, seri alçılmaların ardından aşıl tenotomisi ve uzun süreli ayakkabı kullanımını içermektedir. Literatüre bakıldığında aşıl tenotomisi %60 ile %99 arasında değişen oranlarda gerektiği görülmektedir (80, 81, 108, 118, 185, 186). Bu çalışmada bu oran takiplere devam eden 23 hasta için 21 (%91) olarak benzer bulunmuştur. Literatürde aşılotomi gereksinim oranlarının bu kadar değişken olması bu gereksinim için tanımlanan kriterlerin sübjektif değerlendirmelere açık olduğu şeklinde yorumlanabilir. Nitekim bu kriterlere bakıldığında pasif dorsal fleksiyon açısının ölçümünde uygulanması gereken güç ile ilgili literatürde bir bilgi bulunamamıştır. Ayrıca radyolojik ölçüm olanakları bu aylarda kısıtlı olduğundan talus başı örtünümü ve kalkaneusun varus diziliminden valgus dizilimine geçtiği de sübjektif değerlendirilebilme içermektedir. Bu konuda preop Pirani skorlamasının kullanılabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur.

Bu çalışmada tenotomi gerekmeyen hastalardan biri unilateraldi ve Pirani skoru 3 olarak bulundu, diğer hasta bilateral di Pirani skoru sol 3, sağ 3,5 olarak bulundu. Literatürde bu konuda yapılan bir çalışmada tedavi öncesi Pirani skoru 5'ten büyük olgularda %85,2 oranında tenotomi gerektiği bulunmuştu (187).

Bu çalışmada Pirani skoru 5 ve üzeri tüm PEV’li ayaklara (13 ayak) tenotomi gerekti. Tenotomi uygulanmasına gerek duyulmadan iyileşen PEV’li ayakların Pirani skorların düşük oluşu, preop Pirani skorunun yüksek oluşunun tenotomi ihtiyacını gösterebileceğini desteklemektedir (187, 188).

Yapılan bir başka çalışmada arka ayak Pirani skorunun 2,5 veya 3 olan ayağın tenotomi gerektirme şansı %72 olarak bulunmuştur (81). Bu çalışmada arka ayak skoru 2,5 ve üzeri olan 23 PEV’li ayaktan 22’sine tenotomi gereksinimi duyuldu (%95). Bu durum arka ayak skorunu oluşturan posterior katlantı, boş topuk ve rigid ekin deformitelerinin ağırlığının tenotomi gereksinimini gösterebileceğini düşündürmektedir. Bu çalışmada tedavi öncesi rijid ekin deformitesi olan 15 ayağın tamamında tenotomi gereksinimi duyuldu.

Tendonların kesik uçlarının birleşmeye başladığı bölgenin 3. aya kadar kalınlaştığını, 4. aydan sonra tekrar incelererek 12. ayda normal taraf aşil tendonu ile aynı kalınlığa sahip olduğunu göstermişlerdir (121, 189). Bu çalışmada da tenotomi sonrası 7. hafta ultrasonografisinde tüm tendonlarda devamlılık gözlemlendi. Hastaların tamamının tendon kalınlıklarının arttığı gözlemlendi. PEV’li ayakların ortalama tendon aksiyel kesit alanları 7,76 mm² iken kontrolde 13,13 mm²’ye, sağlam ayakların ise ilk tendon aksiyel kesit alanları 7,65 mm² iken 11,49 mm²’ye yükselmişti. PEV’li tarafların çap artışların daha fazla oluşu ile istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına rağmen tenotomi yapılan tarafların çaplarının normal taraftan daha fazla artmış olması literatür ile uyumluluk göstermiştir (189)(Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9).

Tedavi sonrası Pirani skorlarımıza bakıldığında tüm ayaklar için ortalama 0,5 olduğu görüldü. Bu durum literatürle uyumlu olmakla birlikte tedavi sonrası Pirani skorunun 1,5 olduğu vakalarda tedavinin yetersizliğini düşündürdü. Fakat yapılan çalışmalarda tedavi sonrası Pirani skorunun 3’e kadar çıktığı ve bu skor ile hastalığın tedavisi veya progresyonunun ilişkisi olmadığı görülmüştür (190). Tedavi sonrası PEV’li ayakların Pirani skoru ile değerlendirildiğinde skorunun 3 olduğu durumlarda dahi revizyon ya da tedavi başarısızlığı düşünmek yerine ayakkabı ile tedaviye devam edilmesi gerekliliği söylenmiştir (190). Bu da tedavi sonrası deformitenin nüks riskinin değerlendirilmesinde Pirani skorunun kullanılabilirliğinin sorgulanmasına sebep olmuştur. Bu durum tedavi sonrası nüks gelişmesi açısından erken müdahale etmeye imkan sağlayan diğer yöntemlere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Çalışma esnasında iki hastada kanama komplikasyonu görüldü. Her iki hasta da bilateral PEV’li hastalardı ve tenotominin ilk yapıldığı tarafları kanamıştı. Yapılan muayenede parmak dolaşımlarının olduğu sadece alçıya renk veren ama alçıyı yumuşatmayan sınırlı ölçüde kanamaların olduğu görüldü. İki hasta da gözlem altında müdahaleye gerek duyulmadan tedavi edildi. Her iki hastanın da proksimalden tenotomi yapılan gruptan olması dikkat çekti. Anatomik olarak bakıldığında küçük safen venin aşıl tendonunun proksimalinde tendona yaklaştığı görülmektedir. Bu kanamanın safen venden kaynaklanabileceği akla gelmektedir, bu yüzden tendon proksimalinden tenotomi yapıldığı takdirde laterale daha dikkatli yaklaşılması gerektiği söylenebilir.

Ponseti metodunun en önemli basamaklarından biri de şüphesiz ortez kullanımıdır. Çalışma boyunca bir hastada rekürrens görüldü ve 3 haftalık alçı ile tekrar tenotomi yapılması gerekti. Bu hasta geriye dönük incelendiğinde tenotomi sonrası ilk bir ay boyunca ortez kullanmadığı görüldü. Literatürde bu konuda yapılan bir çalışmada ortez uyumsuzluğunun ailenin eğitim, sigorta veya kültür düzeyi gibi sosyo-ekonomik faktörlerle ilgisi olmadığı görülmüştür (129). Yine yapılan bir başka çalışmada ise sosyoekonomik düzeyin ortez uyumu ile ilişkili olduğu görülmüştür (178). Bu hastanın ailesinin sosyoekonomik durumunun düşük olduğu görüldü.

Literatürde PEV’li hastalarda aşilotomi sonrası iyileşmenin 12. haftada tamamlandığına dair çalışma mevcuttur (191). Bu karar tenotomi sonrası preop tendon kalınlığına ulaşıldığında verilmiştir. Benzer bir çalışmada 3. haftada 11 PEV’li ayağın 10’unda ultrasonografik olarak iyileşmenin tamamlandığı, 6. haftada ise tüm tendonların iyileşmelerinin tamamlandığı görülmüştür (121). Yine benzer bir çalışmada 3. ve 12. haftalarda aşıl tendonlarına ultrasonografi uygulanmıştır. 3. haftada tendon gapinin kapandığı, 12. haftada iyileşmenin tamamlandığına karar verilmiştir. Bu karar alınırken ultrasonografik olarak tendon devamlılığının düzenli olması kriter olarak alınmıştır (192). Yine aynı çalışmada rekürrens kararı vermede bu sürenin beklenmesi ve tenotomi tekrarı için bu sürenin geçirilmesi gerektiği söylenmiştir. Bu çalışmada 7. haftada yapılan ultrasonografide tüm tendonlarda devamlılık görüldü. Klinik muayenede de tenotomi sonrası oluşan tendon gapinin kapandığı, Thompson testinin pozitifleştiği, ayak bilek istemli plantar fleksiyonunun olduğu görülerek tendon devamlılığının olduğuna karar verildi.

Elastisite; bir dokunun dışarıdan uygulanan güç ile deforme olabilme ve bu güç ortadan kaldırıldığında orijinal şekil ve boyutuna gelebilme yeteneğidir (193). Ultrason teknolojisindeki hızlı ilerlemenin şu an için son basamağı ultrason elastografidir. Ultrasonografi bir dokunun sadece niteliksel özelliklerini değerlendirirken SWE noninvaziv niceliksel değerlendirmeye imkan sağlar. Ultrason elastografi; kas ve tendon sertliği ve dokuların mekanik özelliklerini değerlendirebilen teknolojik bir gelişmedir. Önceki çalışmalarda tiroid ve tükrük bezleri, meme dokusu, karaciğer, gastrokinemius ve supraspinatus kası ile aşıl tendonu gibi pek çok dokuda SWE için referans değerler tanımlanmıştır. Kompresyon elastografi daha subjektif veriler sağlarken, SWE daha objektif veriler sağladığı anlaşılmıştır (194). SWE kas sertliğinin ve iyileşme kalitesinin kantitatif değerlendirilmesini sağlayan ve operatör bağımlılığının minimal olduğu, noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Bu çalışmada son zamanlarda kullanımı giderek artan, kasların ve tendonların sertlik ve elastisitesini objektif olarak değerlendirmeye yarayan bir ultrasonografi yöntemi olan SWE ölçüm tekniği ile aşıl iyileşmesinin izlenebildiği ve aşıl tenotomi seviyelerinin iyileşme potansiyellerinin bulunması amaçlanmıştır.

Caleb ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ön çapraz bağ rüptürü sonrası patellar tendon otogreftiyle rekonstrüksiyon uygulanan hastaların patellar tendon iyileşmesinin izleminde SWE'nin kullanılabileceğini göstermişlerdir (195). Li-ning ve arkadaşları yaptıkları çalışmada erişkin aşıl tendon rüptürü sonrası cerrahi olarak tamir edilen aşıl tendonlarının iyileşmelerini SWE yardımıyla izlemişler ve SWE değerleri ile aşıl klinik fonksiyonlarının ilişkisini göstermişlerdir (163). Borys ve arkadaşları da aşıl tendon rüptürü sonrası 1 yıllık takipte aşıl tendonlarının SWE değerlerinin sağlam tarafla benzer oluşunu biyomekanik stabilitenin ölçütü olarak değerlendirmişler ve SWE'nin aşıl tendon iyileşmesinin izleminde kullanılabileceği şeklinde yorumlamışlardır (196). Bu çalışmada unilateral olgularda sağlam tarafla tenotomi uygulanan taraf aşıl tendonları SWE tekniği ile kıyaslandı. İyileştiği kararı verilen tendonların SWE sonuçlarının sağlam tarafla istatistiksel anlamlı farklılığın olmadığı görüldü. Fakat bu dönemde başlangıca göre değişen oranlarda sertliklerin yakalandığı gözlemlendi.

PEV tedavisinde tenotominin yeri ile ilgili bilimsel ve referans alınacak tarifi yapılması gerekmektedir. Literatürde çeşitli çalışmalarda en rahat hissedilen yerden, aşıl tendonunun kalkaneus yapışma yerinin hemen üzerinden (187), 1. cm'den (197), 1,5. cm'den (198) ve 2. cm'den (121) yapıldığı birbirinden farklı uygulamaların olduğu izlenmektedir. Bu konuda tanımlanmış bir seviyenin olmadığı ve fikir birliğine varılamamış olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda dokuların iyileşmesi için vaskülaritenin ve oksijenizasyonun önemli bir kriter olduğu gösterilmiştir. Bunun yanında kollojenizasyon, anjiogenez ve dokunun enfeksiyondan korunması için de vaskülaritenin yeterli olması gerekmektedir (199). Buna karşın infantlarda anjiogenezin çok yüksek olduğu ve dokuların yaralanma sonrası hızlı bir şekilde iyileştiği ile ilgili de çalışmalar mevcuttur (200).

Aşıl anatomisini inceleyen önceki çalışmalarda tendonun kanlanması açısından üç bölüme ayrıldığını ve orta zonun hem vaskülarite açısından zayıf olduğunu, hem de ileri yaş patolojilerinin en çok görüldüğü bölüm olduğu görülmüştür (201). Yapılan bir başka çalışmada ise ortalama yaşları 4 ay olan 101 bebeğin aşıl tendonları incelendiğinde ortalama uzunluğun 3,07 cm olduğu bulunmuştur (88). Çalışmaya katılan ayakları incelendiğinde tenotomilerin en yakın 0,5 cm ile en uzak 2 cm seviyeleri arasından yapıldıkları görüldü. Bu sebeple çalışmanın bu bölümünde gruplar, vaskülaritesi yüksek kalkaneusa yakın ilk 1 cm ve vaskülaritesi zayıf 1-2 cm olarak ayrıldı.

İyileşen tendonda SWE yardımıyla gösterilen sertliğin kötü kriter (202-204) ve iyi kriter (163, 195, 196, 205) olduğuna dair çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada tedavi öncesi ve tedavi sonrası hastaların SWE değerleri kıyaslandığında kalkaneusa yakın yapılan tenotomilerin daha yumuşak, uzak yapılan tenotomilerin daha sert iyileştiği gözlemlendi. Yumuşak iyileşmenin iyi gösterge olması aynı pozisyonda SWE uygulanan aşıl tendonunun daha elastik olduğu ve fibrotik iyileşmediği şeklinde kendisine destek bulabilir (137, 206-208). İyileşen tendonda SWE değerlerinin giderek yükseldiği ve sertliğin artarak olması gereken tendon sertliğine ulaştığını gösteren yayınlara bakılarak da sertliğin iyi sonuç olduğu kanısına varılabilir.

Sabrina S.M. ve arkadaşları 8 hemiplejik serebral palsili çocuk ile yaptıkları çalışmada daha fazla etkilenen taraf gastroknemius ve tibialis anterior kaslarında daha yüksek SWE değerleri bulmuşlardır. Yine yüksek SWE değerlerinin bu hastalarda ayak bilek eklem hareket açıklıklarında azalmayla kendini gösterdiğine ve ayak bilek hareket açıklığı sağlanırken gerginlik ile sertliğin artışının da SWE ile gösterilebildiğine karar vermişlerdir (209).

Joline ve arkadaşları 20 sağlıklı çocuk üzerinde yaptıkları çalışmada ayak bileği dorsifleksiyon yönünde pasif germe ile gastroknemius sertliğine SWE ile bakmışlar ve pasif kas sertliğinin SWE değerleri ile korelasyon gösterdiğini ve sertliğin ayak bilek eklem hareketlerinde azalmaya sebep olduğunu göstermişlerdir (210).

Naomi winn ve arkadaşları yaptıkları çalışmada kaslardaki sertliğin makaslayıcı kuvvetlere karşı koymada zayıflığa sebep olduğunu ve tendon tamiri sonrası fibrozisle iyileşmenin tendon yapısını sertleştirerek daha yüksek SWE değerlerine sebep olduğunu göstermişlerdir (137).

Tendondaki sertliğin kötü kriter olabileceğini düşündüren bir diğer etken de PEV tedavisi sonrası istenen gevşek ve harekete izin veren bir aşıl tendonudur. Gergin ve sert iyileşen bir aşıl tendonu ekin deformitesinin nüks edeceği anlamına gelebilir. Ponseti ve Ippolito'nun bu konuda 1980 yılında yaptıkları çalışma, PEV'li hastalarda bacak kasları ve plantar bölge yumuşak dokusunun fibrozisinin yaygın olarak görüldüğünü ve deformitenin nüksetmesinde önemli rol oynadığını göstermiştir (211). Yapılan bir başka çalışmada bu bölgede fibrozisin fazla olduğu ve miyofibroblast miktarı ile aktivitesinin yine bu bölgede artmış olduğu gösterilmiştir (45).

Turco ve Uglow ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarda erken cerrahi sonucu gelişen fibrozisin fonksiyon kaybına ve nükse sebep olduğunu göstermişlerdir (8, 212). Bu çalışmada da fibrozisi gösteren yüksek SWE değerleri kötü kriter olarak alınmıştır.

Bu konuda referans alınan bir başka çalışmada spastik kaslarda elastikiyetin düşük olması ve botoks enjeksiyonu sonrasında normal fonksiyon kazanan kaslarda elastikiyetin arttığı ve yumuşamanın SWE kullanılarak gösterilebildiği görülmektedir (213). Yaşlılarda artan sertlik ile aşıl tendinopatilerinin gösterildiği bir başka çalışma yine bu hipotezi desteklemektedir (214). 12 sporcu ile yapılan bir başka çalışmada aşıl tendinopatisinde normal tarafa göre artmış sertlik görülmüştür (215).

Li-ning Zhang ve arkadaşları aşıl tendon rüptürü sonrası onarım yapılan 26 erişkin hasta ile yaptıkları çalışmada SWE ile hastaların sağlam tarafları ile rüptüre taraflarını cerrahi sonrası 12., 24. ve 48. haftalarda incelemişler. İyileşme süresince giderek artan tendon sertliği ile korelasyon gösteren aşıl tendon fonksiyonlarında iyileşme tespit etmişlerdir. Tendondaki sertliğin artışının AOFAS skoru ile pozitif yönlü bir ilgisi olduğunu göstermişlerdir. Yine aynı çalışmada sertliğin çok artmasının ise hareket sırasında yeterli enerji dağılımı yapılamaması ile tekrar yaralanma riskini artırdığını da göstermişlerdir (163).

Xang-Mei Chen ve arkadaşları aynı erişkin yaş grubunda 36 normal aşıl tendonu ile kopma sonrasındaki 14 aşıl tendonunun SWE değerlerini kıyaslamışlar ve rüptüre tendonlarda düşük değerler bulmuşlardır. Sağlam tendonları sert ve homojen olarak, rüptüre tendonları ise yumuşak ve heterojen olduğunu söylemişlerdir. Sonuçta SWE'nin aşıl tendonunun işlevini değerlendirmek için tamamlayıcı biyomekanik bilgi sağlayabilen bir araç olduğunu belirtmişlerdir (216).

JeongAh Ryu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada normal tendonun SWE ölçümü ile sert yapıda bulunduğunu, tendinopati, dejeneratif süreçler, kollojen düzensizliği, proteoglikan ve su içeriğindeki artış veya neovaskülarizasyon ile bu değerlerin düşüş gösterdiğini belirtmişlerdir (205, 217, 218). Distal grupta SWE değerlerinin düşük olması neovaskülarizasyonun yüksek olması ile de açıklanabilir.

Borys ve arkadaşları 12 rüptüre aşıl tendonlu hasta ile çalışmışlardır. Bu hastaların 3'ü cerrahi, 9'u konservatif izlenmiş ve 1 yıl boyunca aralıklarla SWE ile takip etmişlerdir. Normal tendon iyileşmesinin 3 aşamada (inflamatuvar, onarım ve remodelling) incelediğini belirtmişlerdir. Biyomekanik olarak bu süreçler boyunca artan sertlik kazanımı bulmuşlardır. Travmadan sonra yapılan SWE'lerde düşük değerler bulmuşlar bunu da travma sonrası inflamatuvar aşamada oluşan hematoma bağlamışlardır. 6. haftada karşı taraf SWE değerinin %80'ine, 12. haftada %90'ına ulaşan sertlik elde etmişlerdir. Bu sonuçları iyileşen tendonda sertliğin iyi kriter olduğu şeklinde sunmuşlar ve fonksiyonel iyileşme süreci ile de bu durumun eş zamanlı ilerlediğini belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada sağlam taraf aşıl tendonları da tarandığında çalışma süresince SWE değerlerinde düşme gözlemlenmiştir. Bu durumun hareketlilikte azalmaya bağlı olduğunu söylemişlerdir. Bu çalışmada da hem sağlam tarafta hem PEV'li taraflarda SWE değerlerinin düşmesi bu çalışma ile uyumluluk göstermektedir (196).

Bizim çalışmamızda, tenotomi seviyelerine göre oluşturulan iki grup SWE

değerleri ile kıyaslandığında, kalkaneusa yakın ilk 1 cm'den yapılan tenotomilerin elastik ve yumuşak, kalkaneusa uzak 1-2 cm'den yapılan tenotomilerin ise daha sert iyileştiği görüldü. Bu farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulundu (Tablo 4.15).

Tenotomi sonrası 7. hafta kontrollerinde tüm hastalar dikkate alındığında ilk 1 cm'den tenotomi yapılanların tendonlarının preop ortalama ms değerinin %61'ine, kp değerinin %48'ine, daha proksimalden kesilenlerin ise preop ortalama ms değerinin %76'sına, kp değerinin %58'ine ulaştığı görüldü (Tablo 4.15).

Borys ve arkadaşları yaptığı çalışmada 7. hafta ölçümlerinde rüptüre olan tarafların sağlam tarafın %80'ine ulaşma oranına göre düşüktür. Bizim çalışmamızda postop tendon SWE değerleri tedavi öncesi deformiteli aşıl tendonları ile karşılaştırıldı. Tedavi öncesi unilateral olguların sağlam ve PEV'li taraf SWE değerlerinin benzer olduğu fakat istatistiksel anlamlı olmasa da PEV'li taraf SWE değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4.11). Bu durum PEV'li tendonların tedavi öncesinde yüksek sertliğe sahip olduğu anlamına gelebilir. Bu durum göz önüne alındığında çalışmamızda bilateral olgularda tedavi öncesi deformiteli ayağa göre kıyaslama yapılması 7. haftadaki ölçümlerde oransal olarak düşük SWE değerlerini açıklayabilir.

Borys ve arkadaşları çalışmalarında karşı taraf aşıl tendonları ile kıyaslama yapmışlar ama dominant ekstremitte faktörünü hesaba katmamışlardır (196). Bu konuda erişkinler üzerinde yapılan bir çalışmada kas gücünün SWE değerlerini etkilediği gösterilmiştir (219).

Borys ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada 9 hastanın 20-30 derece plantar fleksiyonda uygulanan alçı ile konservatif takip edilmiş olduğu görülmektedir. Ponseti yöntemi ile tedavide ise son alçı 10-15 derece dorsifleksiyonda yapılmaktadır. Bu durumun tendon gapini artırdığı ve tendon sertliğinin yakalanmasında gecikmeye neden olduğu düşünülebilir. Bu konuda aşılotomi yerine aşıloplasti uygulanması bu sayede tendon gapinin azaltılması akla gelebilir.

PEV tedavisinin son basamağında uygulanan aşılotomi yöntemi ile ilgili Doğan ve arkadaşları 36 sıçan ile yaptıkları çalışmada bir grubun aşıllarını z plasti ile uzatmışlar diğer gruba ise tenotomi yapmışlardır. Sonuçta tendon iyileşmelerinde biyomekanik olarak fark bulmamışlardır (220). Karami ve arkadaşları perkütan tenotominin açık cerrahi tendon uzatma uygulamalarına göre düşük komplikasyon oranı, kısa süreli hastane yatışı gerektirmesi, yara yeri iyileşmesinin hızlı oluşu ve tedavi sonuçlarının benzer oluşu ile tercih sebebi olacağını belirtmişlerdir (123). Yine

bu konuda Hedrick ve arkadaşları yaptıkları çalışmada poliklinikte uygulanan tenotominin maliyetinin daha düşük olduğunu, ameliyathanede uygulanan prosedürlerde bebeklere genel anestezi verilmesinin de dezavantaj olduğunu vurgulamışlardır (119).

Çalışmanın bazı limitasyonları mevcuttur. Bunlar:

Dokunun iyi iyileştiğinin en güzel göstergesinin dokunun histolojik incelenmesi olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (221-223); fakat bebeklerde böyle bir çalışmanın yapılmasının çok invaziv bir işlem olacağı için uygun olmadığı düşünülmektedir (206-208). Bu yüzden bu çalışmada kullanılan SWE metodu noninvaziv oluşu, hastaya hasar vermeden bu bilgilere ulaşmaya imkan vermesi açısından pediatrik hastalarda tendon iyileşmesinin izleminde bulunan bu sonuç önemlidir.

Takip süresinin çalışma süresi ile kısıtlı kalması yakın, orta ve uzun dönemde SWE değerleri ile klinik sonuçların kıyaslanamamasına sebep oldu. Bu da klinik ile aşıl tendon gücünün ve SWE değerleri ile korelasyon gösterip göstermediğinin belirlenememesine sebep olmuştur.

Tendon sertliği çeşitli çalışmalarda farklı yorumlanmıştır. Bu durum tendonda heterojen, yarı heterojen ve homojen veya tip 1 çok sert, tip 2 sert, tip 3 ara doku gibi tanımlamaların ortaya çıkmasına sebep olmuştur (224). Bu çalışmada hastaların tendonları için heterojen, homojen veya sertlik tiplendirmesi tendon kesit alanları çok küçük olduğu için yapılamadı.

Bu çalışmanın, tendon iyileşmesi esnasında SWE ile gösterilen sertliğin kendi başına iyi ya da kötü kriter oluşu ile ilgili diğer yapılacak çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Çalışmaya katılan tüm hastalarda Pirani deformite skorları ve muayene ile incelendiğinde normal fonksiyonel ayak elde edilmesi tenotomi seviyesinden bağımsız olarak PEV'li hastalarda aşıl iyileşmesinin tamamlandığını göstermektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

PEV hastalığı dünyada yaygın olarak görülen, doğumdan önce de tanısı koyulabilmekle birlikte kesin olarak doğumla birlikte klinik olarak tanısı konulup tedavisi başlayan, tedavisi ucuz ve morbidite açısından hastalığın tedavisi ile hastaya yararı çok yüksek olan bir hastalıktır.

Bu çalışmanın ilk aşamasında SWE'nin aşil iyileşmesinin izleminde kullanılıp kullanılmayacağı araştırıldı. Bunun için unilateral olgularda tenotomi yapılan taraf ile sağlam taraf aşil tendonlarının SWE değerleri preop ve postop dönemde kıyaslandı. Postop dönemde tenotomi yapılan PEV'li ayakların iyileşen aşil tendonlarında sağlam tarafla benzer SWE değerlerinin bulunması aşil tendon iyileşmesinin izleminde SWE'nin kullanılabileceğini göstermiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında uygulanması gereken tenotomi seviyesinin belirlenmesi amaçlandı. Kalkaneusa yakın ilk 1 cm'den yapılan aşil tenotomileri ile 1-2 cm'den yapılan aşil tenotomileri SWE yardımıyla kıyaslandığında aşilin kalkaneusa yakın tenotomi yapılan grupta SWE değerlerinin daha düşük olduğu ve daha yumuşak iyileştiği, kalkaneustan uzak 1-2 cm arasından yapılan grupta SWE değerlerinin daha yüksek ve daha sert iyileştiği görülmüştür.

PEV hastalarının takibinde aşil tendonu iyileşmesinin objektif olarak ortaya konulmasında SWE güvenle kullanılabilir. Ayrıca tenotominin kalkaneusa uzaklığı 1-2 cm arasından yapılması iyileşmenin daha iyi sağlanmasına katkısı olabilir. Kullanılan SWE tekniğinin ve altın standart tenotomi seviyesinin tayini için daha fazla sayıda hasta içeren prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Parker SE, Mai CT, Strickland MJ, Olney RS, Rickard R, Marengo L, et al. Multistate study of the epidemiology of clubfoot. *Birth defects research Part A, Clinical and molecular teratology*. 2009;85(11):897-904.
 2. Morcuende JA. Congenital idiopathic clubfoot: prevention of late deformity and disability by conservative treatment with the Ponseti technique. *Pediatric annals*. 2006;35(2):128-30, 32-6.
 3. Kancherla V, Romitti PA, Caspers KM, Puzhankara S, Morcuende JA. Epidemiology of congenital idiopathic talipes equinovarus in Iowa, 1997-2005. *American journal of medical genetics Part A*. 2010;152a(7):1695-700.
 4. MO. T. The foot and leg. *Tachdjian's pediatric orthopaedics*. 1990;4(Philadelphia: W. B. Saunders):2405-3012.
 5. Ben-Menachem Y, Butler JE. Arteriography of the foot in congenital deformities. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1974;56(8):1625-30.
 6. Rosselli P, Nossa S, Huérfino E, Betancur G, Guzmán Y, Castellanos C, et al. Prenatal Ultrasound Diagnosis of Congenital Talipes Equinovarus in Bogota (Colombia) Between 2003 and 2012. *Iowa Orthop J*. 2015;35:156-9.
 7. Sanzarelli I, Nanni M, Faldini C. The clubfoot over the centuries. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2017;26(2):143-51.
 8. Turco VJ. Resistant congenital club foot--one-stage posteromedial release with internal fixation. A follow-up report of a fifteen-year experience. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1979;61(6a):805-14.
 9. Ponseti IV, SMOLEY ENJJ. Congenital club foot: the results of treatment. 1963;45(2):261-344.
 10. Rijal R, Shrestha BP, Singh GK, Singh M, Nepal P, Khanal GP, et al. Comparison of Ponseti and Kite's method of treatment for idiopathic clubfoot. *Indian journal of orthopaedics*. 2010;44(2):202-7.
 11. Weseley MS, Barenfeld PA, Barrett N. Complications of the treatment of clubfoot. *Clinical orthopaedics and related research*. 1972;84:93-6.
 12. Cummings RJ, Davidson RS, Armstrong PF, Lehman WB. Congenital clubfoot. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2002;84(2):290-308.
 13. Sud A, Tiwari A, Sharma D, Kapoor S. Ponseti's vs. Kite's method in the treatment of clubfoot--a prospective randomised study. *International orthopaedics*. 2008;32(3):409-13.
 14. Shabtai L, Specht SC, Herzenberg JE. Worldwide spread of the Ponseti method for clubfoot. *World journal of orthopedics*. 2014;5(5):585-90.
 15. Sanghvi AV, Mittal VK. Conservative management of idiopathic clubfoot: Kite versus Ponseti method. *Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong)*. 2009;17(1):67-71.
 16. Chotel F, Parot R, Seringe R, Berard J, Wicart P. Comparative study: Ponseti method versus French physiotherapy for initial treatment of idiopathic clubfoot deformity. *Journal of pediatric orthopedics*. 2011;31(3):320-5.
 17. MacGregor R, Byerly DW. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot Bones*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing
- Copyright © 2021, StatPearls Publishing LLC.; 2021.
18. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. *Orthopaedics and Trauma*. 2016;30(3):232-8.
 19. Simons GW. Complete subtalar release in club feet. Part I--A preliminary report. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1985;67(7):1044-55.
 20. Noonan KJ, Richards BS. Nonsurgical management of idiopathic clubfoot. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2003;11(6):392-402.
 21. Laaveg SJ, Ponseti IV. Long-term results of treatment of congenital club foot. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1980;62(1):23-31.
 22. Goldner JL. Congenital talipes equinovarus. Foot & ankle. 1981;2(3):123-5.
 23. Howard CB, Benson MK. The ossific nuclei and the cartilage anlage of the talus and calcaneum. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1992;74(4):620-3.
 24. Carroll NC, McMurtry R, Leete SF. The pathoanatomy of congenital clubfoot. *The Orthopedic clinics of North America*. 1978;9(1):225-32.
 25. Staheli L. Clubfoot: ponseti management: Global HELP Organization; 2009.

26. Isaacs H, Handelsman JE, Badenhorst M, Pickering A. The muscles in club foot--a histological histochemical and electron microscopic study. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1977;59-b(4):465-72.
27. Sankar WN, Weiss J, Skaggs DL. Orthopaedic conditions in the newborn. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2009;17(2):112-22.
28. Chotel F, Parot R, Bérard J. [Congenital foot malformations]. *Archives de pediatrie : organe officiel de la Societe francaise de pediatrie*. 2005;12(6):797-801.
29. Mau H, Lingg W. [Pathogenesis and treatment of pes adductus]. *Zeitschrift fur Orthopadie und ihre Grenzgebiete*. 1985;123(5):841-6.
30. Atik A. Flexible flatfootness. *Northern Clinics of Istanbul*. 2014;1:57-63.
31. Pavone V, Chisari E, Vescio A, Lucenti L, Sessa G, Testa G. The etiology of idiopathic congenital talipes equinovarus: a systematic review. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):206.
32. Alvarado DM, Aferol H, McCall K, Huang JB, Techy M, Buchan J, et al. Familial isolated clubfoot is associated with recurrent chromosome 17q23.1q23.2 microduplications containing TBX4. *American journal of human genetics*. 2010;87(1):154-60.
33. Maranhão DAC, Volpon JB. Pé torto congênito %J *Acta Ortopédica Brasileira*. 2011;19:163-9.
34. Kawashima T, Uthoff HK. Development of the foot in prenatal life in relation to idiopathic club foot. *Journal of pediatric orthopedics*. 1990;10(2):232-7.
35. Robertson WWJ, Corbett D. Congenital Clubfoot: Month of Conception. 1997;338:14-8.
36. Carney BT, Coburn TRJJoPO. Demographics of idiopathic clubfoot: is there a seasonal variation? 2005;25(3):351-2.
37. Basit S, Khoshhal KI. Genetics of clubfoot; recent progress and future perspectives. *European journal of medical genetics*. 2018;61(2):107-13.
38. Shyy W, Dietz F, Dobbs MB, Sheffield VC, Morcuende JA. Evaluation of CAND2 and WNT7a as candidate genes for congenital idiopathic clubfoot. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(5):1201-5.
39. Barker S, Chesney D, Miedzybrodzka Z, Maffulli N. Genetics and epidemiology of idiopathic congenital talipes equinovarus. *Journal of pediatric orthopedics*. 2003;23(2):265-72.
40. Siapkara A, Duncan R. Congenital talipes equinovarus: a review of current management. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2007;89(8):995-1000.
41. Bacino CA, Hecht JT. Etiopathogenesis of equinovarus foot malformations. *European journal of medical genetics*. 2014;57(8):473-9.
42. Ester AR, Weymouth KS, Burt A, Wise CA, Scott A, Gurnett CA, et al. Altered transmission of HOX and apoptotic SNPs identify a potential common pathway for clubfoot. *American journal of medical genetics Part A*. 2009;149a(12):2745-52.
43. Alvarado DM, McCall K, Hecht JT, Dobbs MB, Gurnett CA. Deletions of 5' HOXC genes are associated with lower extremity malformations, including clubfoot and vertical talus. *Journal of medical genetics*. 2016;53(4):250-5.
44. Handelsman JE, Badalamente MA. Neuromuscular studies in clubfoot. *Journal of pediatric orthopedics*. 1981;1(1):23-32.
45. Ippolito E. Update on pathologic anatomy of clubfoot. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 1995;4(1):17-24.
46. Sodre H, Bruschini S, Mestriner LA, Miranda F, Jr., Levinsohn EM, Packard DS, Jr., et al. Arterial abnormalities in talipes equinovarus as assessed by angiography and the Doppler technique. *Journal of pediatric orthopedics*. 1990;10(1):101-4.
47. Siegel IM, Eisenberg BR, Glantz RH. Contributory etiologic factor for talipes equinovarus in congenital myotonic dystrophy: comparative biopsy study of intrinsic foot musculature and vastus lateralis in two cases. *Journal of pediatric orthopedics*. 1984;4(3):327-30.
48. Ballantyne J, Macnicol M. Congenital talipes equinovarus (clubfoot): An overview of the aetiology and treatment. *Current Orthopaedics - CURR ORTHOPAED*. 2002;16:85-95.
49. Rosselli P, Nossa S, Huérfano E, Betancur G, Guzmán Y, Castellanos C, et al. Prenatal Ultrasound Diagnosis of Congenital Talipes Equinovarus in Bogota (Colombia) Between 2003 and 2012. *Iowa Orthop J*. 2015;35:156-9.
50. Gibbons PJ, Gray K. Update on clubfoot. *Journal of paediatrics and child health*. 2013;49(9):E434-7.
51. Ponseti IVJFot. Congenital clubfoot. 1996:37-48.
52. Herbsthof B, Eckardt A, Rompe JD, Küllmer K. Significance of radiographic angle measurements in evaluation of congenital clubfoot. *Archives of orthopaedic and traumatic surgery Archiv fur orthopädische und Unfall-Chirurgie*. 1998;117(6-7):324-9.

53. Baghdadi T, Bagheri N, Najafi A, Mansouri P, Farzan M. Ponseti Casting Method in Idiopathic Congenital Clubfoot and Its Correlation with Radiographic Features Abstract. The archives of bone and joint surgery. 2017;5(3):168-73.
54. Kamath SU, Austine J. Radiological assessment of congenital talipes equinovarus (clubfoot): Is it worthwhile? Foot (Edinburgh, Scotland). 2018;37:91-4.
55. Roye BD, Vitale MG, Gelijns AC, Roye DP, Jr. Patient-based outcomes after clubfoot surgery. Journal of pediatric orthopedics. 2001;21(1):42-9.
56. Ramanathan AK, Herd F, Macnicol M, Abboud RJ. A new scoring system for the evaluation of clubfoot: the IMAR-Clubfoot scale. Foot (Edinburgh, Scotland). 2009;19(3):156-60.
57. BÖHM M. THE EMBRYOLOGIC ORIGIN OF CLUB-FOOT: The Krüppelfürsorgestelle of the City of Berlin in St. Hildegard's Hospital. 1929;11(2):229-59.
58. Flynn JM, Donohoe M, Mackenzie WG. An independent assessment of two clubfoot-classification systems. Journal of pediatric orthopedics. 1998;18(3):323-7.
59. Wainwright AM, Auld T, Benson MK, Theologis TN. The classification of congenital talipes equinovarus. The Journal of bone and joint surgery British volume. 2002;84(7):1020-4.
60. Diméglio A, Bensahel H, Souchet P, Mazeau P, Bonnet F. Classification of clubfoot. Journal of pediatric orthopedics Part B. 1995;4(2):129-36.
61. Pirani SJPM, Florida,. A method of evaluating the virgin clubfoot with substantial inter-observer reliability. 1995.
62. Jain S, Ajmera A, Solanki M, Verma A. Interobserver variability in Pirani clubfoot severity scoring system between the orthopedic surgeons. Indian journal of orthopaedics. 2017;51(1):81-5.
63. Lehman WB, Mohaideen A, Madan S, Scher DM, Van Bosse HJ, Iannacone M, et al. A method for the early evaluation of the Ponseti (Iowa) technique for the treatment of idiopathic clubfoot. Journal of pediatric orthopedics Part B. 2003;12(2):133-40.
64. Osterman K, Merikanto J. Critical aspects of neonatal surgery in clubfoot. Journal of pediatric orthopedics Part B. 1996;5(1):55-6.
65. Lourenco AF, Dias LS, Zoellick DM, Sodre H. Treatment of residual adduction deformity in clubfoot: the double osteotomy. Journal of pediatric orthopedics. 2001;21(6):713-8.
66. Lundberg BJ. Early Dwyer operation in talipes equinovarus. Clinical orthopaedics and related research. 1981(154):223-7.
67. Toohey JS, Campbell P. Distal calcaneal osteotomy in resistant talipes equinovarus. Clinical orthopaedics and related research. 1985(197):224-30.
68. LICHTBLAU S. A Medial and Lateral Release Operation for Club Foot: A PRELIMINARY REPORT. 1973;55(7):1377-84.
69. Hofmann AA, Constine RM, McBride GG, Coleman SS. Osteotomy of the first cuneiform as treatment of residual adduction of the fore part of the foot in club foot. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1984;66(7):985-90.
70. Richards BS, Faulks S, Rathjen KE, Karol LA, Johnston CE, Jones SA. A comparison of two nonoperative methods of idiopathic clubfoot correction: the Ponseti method and the French functional (physiotherapy) method. The Journal of bone and joint surgery American volume. 2008;90(11):2313-21.
71. Kite JH. Nonoperative treatment of congenital clubfoot. Clinical orthopaedics and related research. 1972;84:29-38.
72. Bensahel H, Guillaume A, Czukonyi Z, Desgrippes Y. Results of physical therapy for idiopathic clubfoot: a long-term follow-up study. Journal of pediatric orthopedics. 1990;10(2):189-92.
73. Bensahel H, Guillaume A, Csukonyi Z, Themar-Noel C. The Intimacy of Clubfoot: The Ways of Functional Treatment. 1994;3(2):155-60.
74. Diméglio A, Bonnet F, Mazeau P, De Rosa V. Orthopaedic treatment and passive motion machine: consequences for the surgical treatment of clubfoot. Journal of pediatric orthopedics Part B. 1996;5(3):173-80.
75. Ponseti IV. Common errors in the treatment of congenital clubfoot. International orthopaedics. 1997;21(2):137-41.
76. Ponseti IV. Treatment of congenital club foot. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1992;74(3):448-54.
77. ponseti iv. Doğumsal Pes Ekinovarus: oxford; 1996.
78. Dobbs MB, Morcuende JA, Gurnett CA, Ponseti IV. Treatment of idiopathic clubfoot: an historical review. Iowa Orthop J. 2000;20:59-64.
79. Morcuende JA, Abbasi D, Dolan LA, Ponseti IV. Results of an accelerated Ponseti protocol for clubfoot. Journal of pediatric orthopedics. 2005;25(5):623-6.

80. Porecha MM, Parmar DS, Chavda HR. Mid-term results of Ponseti method for the treatment of congenital idiopathic clubfoot--(a study of 67 clubfeet with mean five year follow-up). *J Orthop Surg Res*. 2011;6:3.
81. Dyer PJ, Davis N. The role of the Pirani scoring system in the management of club foot by the Ponseti method. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2006;88(8):1082-4.
82. Gillies H, Chalmers J. The management of fresh ruptures of the tendo achillis. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1970;52(2):337-43.
83. Fukashiro S, Komi PV, Järvinen M, Miyashita MJEjoap, physiology o. In vivo achilles tendon loading'during jumping in humans. 1995;71(5):453-8.
84. Scott SH, Winter DAJM, sports si, exercise. Internal forces of chronic running injury sites. 1990;22(3):357-69.
85. A. W. Pelvic girdle and lower limb. In: Gray's anatomy. In: S S, editor. 40 ed2009. p. 1503-5.
86. AM A, AF Dn. Grant's atlas of anatomy. In: AM A, AF Dn, editors. 12 ed2009. p. 353-475.
87. O'Brien T. The needle test for complete rupture of the Achilles tendon. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1984;66(7):1099-101.
88. Bialik V, Farhoud F, Eidelman M, Katzman A, Bialik GM. Achilles tendon length in children evaluated sonographically. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2007;16(4):281-6.
89. Kachlik D, Baca V, Cepelik M, Hajek P, Mandys V, Musil V, et al. Clinical anatomy of the retrocalcaneal bursa. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2008;30(4):347-53.
90. Cummins EJ, Anson BJ, et al. The structure of the calcaneal tendon (of Achilles) in relation to orthopedic surgery, with additional observations on the plantaris muscle. *Surgery, gynecology & obstetrics*. 1946;83:107-16.
91. Gore S, Nadkarni S. Sciatica: Detection and Confirmation by New Method. *International journal of spine surgery*. 2014;8:1-26.
92. Chen TM, Rozen WM, Pan WR, Ashton MW, Richardson MD, Taylor GI. The arterial anatomy of the Achilles tendon: anatomical study and clinical implications. *Clinical anatomy (New York, NY)*. 2009;22(3):377-85.
93. Carr AJ, Norris SH. The blood supply of the calcaneal tendon. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1989;71(1):100-1.
94. Doral MN, Alam M, Bozkurt M, Turhan E, Atay OA, Dönmez G, et al. Functional anatomy of the Achilles tendon. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2010;18(5):638-43.
95. Morel M, Boutry N, Demondion X, Legroux-Gerot I, Cotten H, Cotten A. Normal anatomy of the heel entheses: anatomical and ultrasonographic study of their blood supply. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*. 2005;27(3):176-83.
96. Alexander RM, Bennet-Clark HC. Storage of elastic strain energy in muscle and other tissues. *Nature*. 1977;265(5590):114-7.
97. Whittaker P, Canham PB. Demonstration of quantitative fabric analysis of tendon collagen using two-dimensional polarized light microscopy. *Matrix (Stuttgart, Germany)*. 1991;11(1):56-62.
98. Canoso JJ, Liu N, Traill MR, Runge VM. Physiology of the retrocalcaneal bursa. *Annals of the rheumatic diseases*. 1988;47(11):910-2.
99. Åström M, Westlin N. Blood flow in the human Achilles tendon assessed by laser Doppler flowmetry. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*. 1994;12(2):246-52.
100. Kvist H, Kvist MJTJob, volume jsB. The operative treatment of chronic calcaneal paratenonitis. 1980;62(3):353-7.
101. Anipole OA, Adegbehingbe OO, Ayoola O. Confirmation of Tenotomy Healing at 3 Weeks Using the Ponseti Protocol. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2020;59(3):529-34.
102. Tuhanoğlu Ü, Oğur HU, Seyfettinoğlu F, Çiçek H, Tekbaş VT, Kapukaya A. Percutaneous achillotomies in the treatment of congenital clubfoot: should it be performed in the operating theater or the polyclinic? *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):155.
103. Chandirasegaran S, Gunalan R, Aik S, Kaur S. A comparison study on hindfoot correction, Achilles tendon length and thickness between clubfoot patients treated with percutaneous Achilles tendon tenotomy versus casting alone using Ponseti method. *Journal of orthopaedic surgery (Hong Kong)*. 2019;27(2):2309499019839126.
104. Nagaraju KD, Vidyadhara S, Shetty AP, Venkatadass K, Rajasekaran S. Use of Ponseti's technique in recurrent clubfeet following Kite's method of correction. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*. 2008;17(4):189-93.

105. Bor N, Katz Y, Vofsi O, Herzenberg JE, Zuckerberg AL. Sedation protocols for Ponseti clubfoot Achilles tenotomy. *Journal of children's orthopaedics*. 2007;1(6):333-5.
106. Dobbs MB, Gurnett CA. Update on clubfoot: etiology and treatment. *Clinical orthopaedics and related research*. 2009;467(5):1146.
107. DiMaggio C, Sun LS, Li G. Early childhood exposure to anesthesia and risk of developmental and behavioral disorders in a sibling birth cohort. *Anesthesia and analgesia*. 2011;113(5):1143-51.
108. Morcuende JA, Dolan LA, Dietz FR, Ponseti IV. Radical reduction in the rate of extensive corrective surgery for clubfoot using the Ponseti method. *Pediatrics*. 2004;113(2):376-80.
109. Cooper DM, Dietz FR. Treatment of idiopathic clubfoot. A thirty-year follow-up note. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1995;77(10):1477-89.
110. Lebel E, Karasik M, Bernstein-Weyel M, Mishukov Y, Peyser A. Achilles tenotomy as an office procedure: safety and efficacy as part of the Ponseti serial casting protocol for clubfoot. *Journal of pediatric orthopedics*. 2012;32(4):412-5.
111. Parada SA, Baird GO, Auffant RA, Tompkins BJ, Caskey PM. Safety of percutaneous tendoachilles tenotomy performed under general anesthesia on infants with idiopathic clubfoot. *Journal of pediatric orthopedics*. 2009;29(8):916-9.
112. Lebel E, Karasik M, Bernstein-Weyel M, Mishukov Y, Peyser A. Achilles Tenotomy as an Office Procedure: Safety and Efficacy as Part of the Ponseti Serial Casting Protocol for Clubfoot. 2012;32(4):412-5.
113. Alvarez CM, De Vera MA, Chhina H, Williams L, Durlacher K, Kaga S. The use of botulinum type A toxin in the treatment of idiopathic clubfoot: 5-year follow-up. *Journal of pediatric orthopedics*. 2009;29(6):570-5.
114. Minkowitz B, Finkelstein BI, Bleicher M. Percutaneous tendo-Achilles lengthening with a large-gauge needle: a modification of the Ponseti technique for correction of idiopathic clubfoot. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2004;43(4):263-5.
115. Agius L, Wickham A, Walker C, Knudsen J. Achilles tenotomy as an office procedure and current practising trends among New Zealand orthopaedic surgeons. *The New Zealand medical journal*. 2018;131(1475):44-50.
116. Hedrick B, Gettys FK, Richards S, Muchow RD, Jo CH, Abbott MD. Percutaneous heel cord release for clubfoot: a retrospective, multicentre cost analysis. *Journal of children's orthopaedics*. 2018;12(3):273-8.
117. Changulani M, Garg N, Bruce CE. Neurovascular complications following percutaneous tendoachillis tenotomy for congenital idiopathic clubfoot. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2007;127(6):429-30.
118. Dobbs MB, Gordon JE, Walton T, Schoenecker PL. Bleeding Complications Following Percutaneous Tendoachilles Tenotomy in the Treatment of Clubfoot Deformity. 2004;24(4):353-7.
119. Hedrick B, Gettys FK, Richards S, Muchow RD, Jo CH, Abbott MD. Percutaneous heel cord release for clubfoot: a retrospective, multicentre cost analysis. *Journal of children's orthopaedics*. 2018;12(3):273-8.
120. Dobbs MB, Gordon JE, Walton T, Schoenecker PL. Bleeding complications following percutaneous tendoachilles tenotomy in the treatment of clubfoot deformity. *Journal of pediatric orthopedics*. 2004;24(4):353-7.
121. Barker SL, Lavy CB. Correlation of clinical and ultrasonographic findings after Achilles tenotomy in idiopathic club foot. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2006;88(3):377-9.
122. Bergerault F, Fournier J, Bonnard C. Idiopathic congenital clubfoot: Initial treatment. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2013;99(1 Suppl):S150-9.
123. Karami M, Dehghan P, Moshiri F, Shamami MS. Effect of unintentional partial Achilles tenotomy on Ponseti clubfoot management outcomes. 2015;24(1):1-5.
124. Ponseti IV. Relapsing clubfoot: causes, prevention, and treatment. *The Iowa orthopaedic journal*. 2002;22:55.
125. Ponseti IV, Zhivkov M, Davis N, Sinclair M, Dobbs MB, Morcuende JA. Treatment of the complex idiopathic clubfoot. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2006;451:171-6.
126. Terrazas-Lafargue G, Morcuende JA. Effect of cast removal timing in the correction of idiopathic clubfoot by the Ponseti method. *Iowa Orthop J*. 2007;27:24-7.
127. Pittner DE, Klingele KE, Beebe AC. Treatment of clubfoot with the Ponseti method: a comparison of casting materials. *Journal of pediatric orthopedics*. 2008;28(2):250-3.

128. Besselaar AT, Sakkers RJB, Schuppers HA, Witbreuk M, Zeegers E, Visser JD, et al. Guideline on the diagnosis and treatment of primary idiopathic clubfoot. *Acta orthopaedica*. 2017;88(3):305-9.
129. Ramírez N, Flynn JM, Fernández S, Seda W, Macchiavelli RE. Orthosis noncompliance after the Ponseti method for the treatment of idiopathic clubfeet: a relevant problem that needs reevaluation. *Journal of pediatric orthopedics*. 2011;31(6):710-5.
130. Janicki JA, Wright JG, Weir S, Narayanan UG. A comparison of ankle foot orthoses with foot abduction orthoses to prevent recurrence following correction of idiopathic clubfoot by the Ponseti method. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2011;93(5):700-4.
131. George HL, Unnikrishnan PN, Garg NK, Sampath J, Bruce CE. Unilateral foot abduction orthosis: is it a substitute for Denis Browne boots following Ponseti technique? *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2011;20(1):22-5.
132. Ranjan R, Sud A, Adhikary D, Sinha A, Chand S. Incidence and risk factors for iatrogenic distal tibia/fibula fracture during Ponseti technique of clubfoot treatment. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2019;28(6):572-8.
133. Sullivan RJ, Davidson RS. When does the flat-top talus lesion occur in idiopathic clubfoot: evaluation with magnetic resonance imaging at three months of age. *Foot & ankle international*. 2001;22(5):422-5.
134. Koureas G, Rampal V, Mascard E, Seringe R, Wicart P. The incidence and treatment of rocker bottom deformity as a complication of the conservative treatment of idiopathic congenital clubfoot. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2008;90(1):57-60.
135. Flynn JM. *Operative Techniques in Pediatric Orthopaedics*: Wolters Kluwer.
136. Burghardt RD, Herzenberg JE, Ranade A. Pseudoaneurysm after Ponseti percutaneous Achilles tenotomy: a case report. *Journal of pediatric orthopedics*. 2008;28(3):366-9.
137. Winn N, Lalam R, Cassar-Pullicino V. Sonoelastography in the musculoskeletal system: Current role and future directions. *World journal of radiology*. 2016;8(11):868-79.
138. Chiu C-H, Chen P, Chen AC-Y, Hsu K-Y, Chang S-S, Chan Y-S, et al. Shoulder ultrasonography performed by orthopedic surgeons increases efficiency in diagnosis of rotator cuff tears. *J Orthop Surg Res*. 2017;12(1):63-.
139. Hamilton JV, Flinn G, Haynie CC, Cefalo RCJAJoO, Gynecology. Diagnosis of rectus sheath hematoma by B-mode ultrasound: a case report. 1976;125(4):562-5.
140. McDonald DG, Leopold GR. Ultrasound B-scanning in the differentiation of Baker's cyst and thrombophlebitis. *The British journal of radiology*. 1972;45(538):729-32.
141. Cooperberg PL, Tsang I, Truelove L, Knickerbocker WJ. Gray scale ultrasound in the evaluation of rheumatoid arthritis of the knee. *Radiology*. 1978;126(3):759-63.
142. Graf R. The diagnosis of congenital hip-joint dislocation by the ultrasonic Compound treatment. *Archives of orthopaedic and traumatic surgery Archiv fur orthopadische und Unfall-Chirurgie*. 1980;97(2):117-33.
143. Maner M, MB M, MJ M. Ultrasonic findings in a ruptured Achilles tendon. 1981.
144. Mayer R, Wilhelm K, Pfeifer KJDB. ULTRASOUND EXAMINATION OF SUBCUTANEOUS ACHILLES-TENDON RUPTURE. 1984;4(4):185-9.
145. Morvan G, Busson J, Wybier M, Mathieu P. Ultrasound of the ankle. *European journal of ultrasound : official journal of the European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology*. 2001;14(1):73-82.
146. Jacobson JA. Musculoskeletal ultrasound and MRI: which do I choose? *Seminars in musculoskeletal radiology*. 2005;9(2):135-49.
147. Bianchi S, Poletti PA, Martinoli C, Abdelwahab IF. Ultrasound appearance of tendon tears. Part 2: lower extremity and myotendinous tears. *Skeletal Radiol*. 2006;35(2):63-77.
148. Krouskop TA, Dougherty DR, Vinson FS. A pulsed Doppler ultrasonic system for making noninvasive measurements of the mechanical properties of soft tissue. *Journal of rehabilitation research and development*. 1987;24(2):1-8.
149. Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ. Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. *The British journal of radiology*. 2012;85(1019):1435-45.
150. Ozkan F, Yavuz YC, Inci MF, Altunoluk B, Ozcan N, Yuksel M, et al. Interobserver variability of ultrasound elastography in transplant kidneys: correlations with clinical-Doppler parameters. *Ultrasound in medicine & biology*. 2013;39(1):4-9.
151. Sandrin L, Tanter M, Catheline S, Fink M. Shear modulus imaging with 2-D transient elastography. *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*. 2002;49(4):426-35.

152. Ferraioli G, Tinelli C, Zicchetti M, Aboe E, Poma G, Di Gregorio M, et al. Reproducibility of real-time shear wave elastography in the evaluation of liver elasticity. *European journal of radiology*. 2012;81(11):3102-6.
153. Balleyguier C, Canale S, Ben Hassen W, Vielh P, Bayou EH, Mathieu MC, et al. Breast elasticity: principles, technique, results: an update and overview of commercially available software. *European journal of radiology*. 2013;82(3):427-34.
154. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound quarterly*. 2007;23(4):255-68.
155. Barr RG, Zhang Z. Shear-wave elastography of the breast: value of a quality measure and comparison with strain elastography. *Radiology*. 2015;275(1):45-53.
156. Prado-Costa R, Rebelo J, Monteiro-Barroso J, Preto AS. Ultrasound elastography: compression elastography and shear-wave elastography in the assessment of tendon injury. *Insights Imaging*. 2018;9(5):791-814.
157. Taljanovic MS, Gimber LH, Becker GW, Latt LD, Klauser AS, Melville DM, et al. Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*. 2017;37(3):855-70.
158. Taş S, Onur MR, Yılmaz S, Soylu AR, Korkusuz F. Shear Wave Elastography Is a Reliable and Repeatable Method for Measuring the Elastic Modulus of the Rectus Femoris Muscle and Patellar Tendon. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2017;36(3):565-70.
159. Sudół-Szopińska I, Zaniewicz-Kaniewska K, Kwiatkowska B. Spectrum of ultrasound pathologies of achilles tendon, plantar aponeurosis and flexor digiti brevis tendon heel entheses in patients with clinically suspected enthesitis. *Polish journal of radiology*. 2014;79:402-8.
160. Pawluś A, Szymańska K, Kaczorowski K, Sokołowska-Dąbek D, Olchowcy C, Markiewicz BD, et al. A Rare Case of Aggressive Fibromatosis Infiltrating Dorsal Muscles in a 6-Year-Old Patient - CT, MRI and Elastography Evaluation. *Polish journal of radiology*. 2015;80:164-7.
161. Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ. Real-time ultrasound elastography of the normal Achilles tendon: reproducibility and pattern description. *Clinical Radiology*. 2009;64(12):1196-202.
162. Goo M, Johnston LM, Hug F, Tucker K. Systematic Review of Instrumented Measures of Skeletal Muscle Mechanical Properties: Evidence for the Application of Shear Wave Elastography with Children. *Ultrasound in medicine & biology*. 2020;46(8):1831-40.
163. Zhang LN, Wan WB, Wang YX, Jiao ZY, Zhang LH, Luo YK, et al. Evaluation of Elastic Stiffness in Healing Achilles Tendon After Surgical Repair of a Tendon Rupture Using In Vivo Ultrasound Shear Wave Elastography. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*. 2016;22:1186-91.
164. Kim JR, Suh CH, Yoon HM, Lee JS, Cho YA, Jung AY. The diagnostic performance of shear-wave elastography for liver fibrosis in children and adolescents: A systematic review and diagnostic meta-analysis. *European radiology*. 2018;28(3):1175-86.
165. Qiu L, Trout AT, Bennett PS, Dillman JR. Pancreas ultrasound two-dimensional shear wave elastography in healthy children. *Pediatric radiology*. 2021;51(3):403-9.
166. Uysal E, Öztürk M. Quantitative Assessment of Thyroid Glands in Healthy Children With Shear Wave Elastography. *Ultrasound quarterly*. 2019;35(3):297-300.
167. Bayramoğlu Z, Öztürk M, Çalışkan E, Ayyıldız H, Adaletli İ. Normative values of thymus in healthy children; stiffness by shear wave elastography. *Diagnostic and interventional radiology (Ankara, Turkey)*. 2020;26(2):147-52.
168. Langlais T, Vergari C, Pietton R, Dubousset J, Skalli W, Vialle R. Shear-wave elastography can evaluate annulus fibrosus alteration in adolescent scoliosis. *European radiology*. 2018;28(7):2830-7.
169. Sturm RM, Yerkes EB, Nicholas JL, Snow-Lisy D, Diaz Saldano D, Gandor PL, et al. Ultrasound Shear Wave Elastography: A Novel Method to Evaluate Bladder Pressure. *The Journal of urology*. 2017;198(2):422-9.
170. Liu Q, Wang Z. Diagnostic value of real-time shear wave elastography in children with chronic kidney disease. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2020.
171. Durmaz MS, Sivri M, Sekmenli T, Kocaoğlu C, Çiftçi İ. Experience of Using Shear Wave Elastography Imaging in Evaluation of Undescended Testes in Children: Feasibility, Reproducibility, and Clinical Potential. *Ultrasound quarterly*. 2018;34(4):206-12.
172. Öztürk M, Çalışkan E, Habibi HA. Shear wave elastography of temporomandibular joint disc and masseter muscle stiffness in healthy children and adolescents: a preliminary study. *Oral radiology*. 2021.

173. Doruk Analan P, Aslan H. Association Between the Elasticity of Hip Muscles and the Hip Migration Index in Cerebral Palsy. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2019;38(10):2667-72.
174. Lee SS, Gaebler-Spira D, Zhang LQ, Rymer WZ, Steele KM. Use of shear wave ultrasound elastography to quantify muscle properties in cerebral palsy. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 2016;31:20-8.
175. Zhang L, Yong Q, Pu T, Zheng C, Wang M, Shi S, et al. Grayscale ultrasonic and shear wave elastographic characteristics of the Achilles' tendon in patients with familial hypercholesterolemia: A pilot study. *European journal of radiology*. 2018;109:1-7.
176. Lochmiller C, Johnston D, Scott A, Risan M, Hecht JT. Genetic epidemiology study of idiopathic talipes equinovarus. *American journal of medical genetics*. 1998;79(2):90-6.
177. Zions LE, Jew MH, Ebrahimzadeh E, Sangiorgio SN. The Influence of Sex and Laterality on Clubfoot Severity. 2017;37(2):e129-e33.
178. Dobbs MB, Rudzki JR, Purcell DB, Walton T, Porter KR, Gurnett CA. Factors Predictive of Outcome After Use of the Ponseti Method for the Treatment of Idiopathic Clubfeet. 2004;86(1):22-7.
179. MacNeille R, Hennrikus W, Stapinski B, Leonard G. A mini-open technique for Achilles tenotomy in infants with clubfoot. *Journal of children's orthopaedics*. 2016;10(1):19-23.
180. Bor N, Herzenberg JE, Frick SL. Ponseti management of clubfoot in older infants. *Clinical orthopaedics and related research*. 2006;444:224-8.
181. Gao R, Tomlinson M, Walker C. Correlation of Pirani and Dimeglio scores with number of Ponseti casts required for clubfoot correction. *Journal of pediatric orthopedics*. 2014;34(6):639-42.
182. Awang M, Sulaiman AR, Munajat I, Fazliq ME. Influence of Age, Weight, and Pirani Score on the Number of Castings in the Early Phase of Clubfoot Treatment using Ponseti Method. *The Malaysian journal of medical sciences : MJMS*. 2014;21(2):40-3.
183. Colburn M, Williams M. Evaluation of the treatment of idiopathic clubfoot by using the Ponseti method. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 2003;42(5):259-67.
184. Matuszewski L, Gil L, Karski J. Early results of treatment for congenital clubfoot using the Ponseti method. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*. 2012;22(5):403-6.
185. Cooper DM, Dietz FR. Treatment of idiopathic clubfoot. A thirty-year follow-up note. 1995;77(10):1477-89.
186. Saini R, Dhillon MS, Tripathy SK, Goyal T, Sudesh P, Gill SS, et al. Regeneration of the Achilles tendon after percutaneous tenotomy in infants: a clinical and MRI study. *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2010;19(4):344-7.
187. Scher DM, Feldman DS, van Bosse HJ, Sala DA, Lehman WB. Predicting the need for tenotomy in the Ponseti method for correction of clubfeet. *Journal of pediatric orthopedics*. 2004;24(4):349-52.
188. Aydin BK, Senaran H, Yilmaz G, Acar MA, Kirac Y. The need for Achilles tenotomy in the Ponseti method: Is it predictable at the initiation or during the treatment? *Journal of pediatric orthopedics Part B*. 2015;24(4):341-4.
189. Niki H, Nakajima H, Hirano T, Okada H, Beppu M. Ultrasonographic observation of the healing process in the gap after a Ponseti-type Achilles tenotomy for idiopathic congenital clubfoot at two-year follow-up. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*. 2013;18(1):70-5.
190. Khan MA, Chinoy MA, Moosa R, Ahmed SK. Significance Of Pirani Score at Bracing- Implications for Recognizing A Corrected Clubfoot. *Iowa Orthop J*. 2017;37:151-6.
191. Ríos-Ruiz JG, González-Torres DM, Valdez-Jiménez LA. [Sonographic evaluation of Achilles tendon healing in tenotomies for congenital clubfoot and Ponsetis treatment. A 12-week follow-up]. *Acta ortopedica mexicana*. 2017;31(3):123-7.
192. Mangat KS, Kanwar R, Johnson K, Korah G, Prem H. Ultrasonographic Phases in Gap Healing Following Ponseti-Type Achilles Tenotomy. 2010;92(6):1462-7.
193. Genç A, Güneş S, Kutlay ŞJAÜTFM. Kas-İskelet Sistemi Hastalıklarında Ultrason Elastografinin Yeri. 2018;71(2):91-5.
194. Hachemi ME, Callé S, Remenieras JJU. Transient displacement induced in shear wave elastography: comparison between analytical results and ultrasound measurements. 2006;44:e221-e5.
195. Gullette CM, Baumer TG, Juliano L, Sweeney M, McGinnis M, Sherwood A, et al. Shear wave elastography of the healing human patellar tendon following ACL reconstruction. *The Knee*. 2019;26(2):347-54.

196. Frankewycz B, Henssler L, Weber J, Silva NPBd, Koch M, Jung EM, et al. Changes of Material Elastic Properties during Healing of Ruptured Achilles Tendons Measured with Shear Wave Elastography: A Pilot Study. *Int J Mol Sci.* 2020;21(10):3427.
 197. Mangat KS, Kanwar R, Johnson K, Korah G, Prem H. Ultrasonographic phases in gap healing following Ponseti-type Achilles tenotomy. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2010;92(6):1462-7.
 198. Bergerault F, Fournier J, Bonnard C. Idiopathic congenital clubfoot: Initial treatment. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* 2013;99(1, Supplement):S150-S9.
 199. Whitney JD. The influence of tissue oxygen and perfusion on wound healing. *AACN clinical issues in critical care nursing.* 1990;1(3):578-84.
 200. Huhn EA, Jannowitz C, Boos H, Papadopoulos MA, Zeilhofer HF, Henke J, et al. [Fetal wound healing: current status and new perspectives]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizen.* 2004;75(5):498-507.
 201. Wong M, Jardaly AH, Kiel J. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Achilles Tendon.* StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing
- Copyright © 2021, StatPearls Publishing LLC.; 2021.
202. Brandenburg JE, Eby SF, Song P, Zhao H, Landry BW, Kingsley-Berg S, et al. Feasibility and reliability of quantifying passive muscle stiffness in young children by using shear wave ultrasound elastography. 2015;34(4):663-70.
 203. Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, Hall TJ, Bamber JC, Barr RG, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. 2015;41(5):1126-47.
 204. Lee SS, Gaebler-Spira D, Zhang L-Q, Rymer WZ, Steele KMJCb. Use of shear wave ultrasound elastography to quantify muscle properties in cerebral palsy. 2016;31:20-8.
 205. Ryu J, Jeong WK. Current status of musculoskeletal application of shear wave elastography. *Ultrasonography (Seoul, Korea).* 2017;36(3):185-97.
 206. Kasperczyk WJ, Bosch U, Oestern HJ, Tscherne H. Staging of patellar tendon autograft healing after posterior cruciate ligament reconstruction. A biomechanical and histological study in a sheep model. *Clinical orthopaedics and related research.* 1993(286):271-82.
 207. Kasperczyk WJ, Bosch U, Oestern HJ, Tscherne H. Influence of immobilization on autograft healing in the knee joint. A preliminary study in a sheep knee PCL model. *Archives of orthopaedic and traumatic surgery Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie.* 1991;110(3):158-61.
 208. Atkinson TS, Atkinson PJ, Mendenhall HV, Haut RC. Patellar tendon and infrapatellar fat pad healing after harvest of an ACL graft. *The Journal of surgical research.* 1998;79(1):25-30.
 209. Lallemand-Dudek P, Vergari C, Dubois G, Forin V, Vialle R, Skalli W. Ultrasound shearwave elastography to characterize muscles of healthy and cerebral palsy children. *Scientific reports.* 2021;11(1):3577.
 210. Brandenburg JE, Eby SF, Song P, Zhao H, Landry BW, Kingsley-Berg S, et al. Feasibility and reliability of quantifying passive muscle stiffness in young children by using shear wave ultrasound elastography. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine.* 2015;34(4):663-70.
 211. Sano H, Uhthoff HK, Jarvis JG, Mansingh A, Wenckebach GF. Pathogenesis of soft-tissue contracture in club foot. *The Journal of bone and joint surgery British volume.* 1998;80(4):641-4.
 212. Uglow MG, Clarke NM. The functional outcome of staged surgery for the correction of talipes equinovarus. *Journal of pediatric orthopedics.* 2000;20(4):517-23.
 213. Bertan H, Oncu J, Vanli E, Alptekin K, Sahillioglu A, Kuran B, et al. Use of Shear Wave Elastography for Quantitative Assessment of Muscle Stiffness After Botulinum Toxin Injection in Children With Cerebral Palsy. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine.* 2020;39(12):2327-37.
 214. Turan A, Teber MA, Yakut ZI, Unlu HA, Hekimoglu B. Sonoelastographic assessment of the age-related changes of the Achilles tendon. *Medical ultrasonography.* 2015;17(1):58-61.
 215. Sconfienza LM, Silvestri E, Cimmino MA. Sonoelastography in the evaluation of painful Achilles tendon in amateur athletes. *Clinical and experimental rheumatology.* 2010;28(3):373-8.
 216. Chen XM, Cui LG, He P, Shen WW, Qian YJ, Wang JR. Shear wave elastographic characterization of normal and torn achilles tendons: a pilot study. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine.* 2013;32(3):449-55.
 217. Dirrichs T, Quack V, Gatz M, Tingart M, Kuhl CK, Schradin S. Shear Wave Elastography (SWE) for the Evaluation of Patients with Tendinopathies. *Academic radiology.* 2016;23(10):1204-13.

218. Weinreb JH, Sheth C, Apostolakos J, McCarthy MB, Barden B, Cote MP, et al. Tendon structure, disease, and imaging. *Muscles, ligaments and tendons journal*. 2014;4(1):66-73.
219. Tang X, Wang L, Guo R, Huang S, Tang Y, Qiu L. Application of ultrasound elastography in the evaluation of muscle strength in a healthy population. *Quantitative imaging in medicine and surgery*. 2020;10(10):1961-72.
220. Dogan A, Korkmaz M, Cengiz N, Kalender AM, Gokalp MA. Biomechanical comparison of Achilles tenotomy and achilloplasty techniques in young rats: an experimental study. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2009;99(3):216-22.
221. Sharma P, Maffulli N. Basic biology of tendon injury and healing. *The surgeon : journal of the Royal Colleges of Surgeons of Edinburgh and Ireland*. 2005;3(5):309-16.
222. Zhang G, Young BB, Ezura Y, Favata M, Soslowsky LJ, Chakravarti S, et al. Development of tendon structure and function: regulation of collagen fibrillogenesis. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*. 2005;5(1):5-21.
223. Voleti PB, Buckley MR, Soslowsky LJ. Tendon healing: repair and regeneration. *Annual review of biomedical engineering*. 2012;14:47-71.
224. Tan S, Kudaş S, Özcan A, Ipek A, Karaoglanoglu M, Arslan H, et al. Real-time sonoelastography of the Achilles tendon: Pattern description in healthy subjects and patients with surgically repaired complete ruptures. *Skeletal radiology*. 2011;41:1067-72.



ÖZET

T.C. SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

PES EKİNOVARUSLU BEBEKLERDE AŞİL TENOTOMİSİ SONRASI TENDON İYİLEŞMESİNİN ULTRASONOGRAFİK SHEAR-WAVE ELASTOGRAFİ İLE İNCELENMESİ

Dr. Mehmet Afşin Karaoğlu

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

TIPTA UZMANLIK TEZİ / KONYA, 2021

Doğumsal pes ekinovarus (PEV), ayağın içe dönük şekildeki deformitesini tanımlayan, tedavisiz bırakıldığında ciddi morbiditeye sebep olan ve 1/1000 canlı doğumda görülmesiyle en sık karşılaşılan ortopedik deformite olarak karşımıza çıkmaktadır. Tedavideki amaç anatomisi normale yakın, ayağın plantigrad olarak doğru temas noktaları ile yere bastığı, mobilitesi yeterli ve ağrısız bir ayağa sahip olmaktır. Tedavisinde altın standart olarak görülen ve sonuçları en iyi olan yöntem Ponseti yöntemidir. Ponseti yöntemi seri alçılar ardından aşıl tenotomisi ve ortez kullanımı basamaklarından oluşur. Biz çalışmamızın ilk aşamasında aşıl tenotomisi sonrasında tendon iyileşmesinin izleminde SWE'nin kullanılıp kullanılmayacağını öğrenmeyi hedefledik. İkinci aşamada ise farklı seviyelerden yapılan aşıl tenotomilerine göre iyileşme paternini SWE kullanarak göstermeyi amaçladık. Bu amaçla 29 hasta Ponseti'nin tanımladığı yöntemle tedavi edildi. 2 hasta elastografi değerleri olmadığı için, 1 hasta bilateral kalça septik artriti gelişmesi nedeniyle, 2 hasta tenotomi ihtiyacı olmadan iyileşmesi nedeniyle, 1 hasta tekrar tenotomi ihtiyacı duyulması nedeniyle 3 hasta da takiplerine gelmemeleri sebebiyle çalışmadan çıkarıldı. Çalışmaya sendromik ve pozisyonel PEV hastaları dahil edilmedi. Çalışmamızda aşıl tendonları tedavi öncesi ve tenotomi sonrası 7. haftada SWE ile değerlendirildi. Unilateral olguların sağlam tarafları ile PEV'li tarafları arasında SWE hızları arasında istatistiksel olarak belirgin fark saptanmadı. Tenotomi seviyelerine göre iyileşmelerine bakıldığında ise kalkaneusa yakın 1 cm'den tenotomi yapılanlarda tendonların daha yumuşak iyileştiği buna karşılık 1-2 cm'den yapılan tenotomilerin daha sert iyileştiği görüldü. PEV'li hastalarda aşıl tendon iyileşmesinin izleminde SWE kullanılabilir. Aşıl tendonları proksimal 1-2 cm'den tenotomi yapılan grupta daha sert iyileşmiş ve preop SWE değerlerine daha yakın SWE değerlerine ulaşmıştır. Tenotominin kalkaneusa 1-2 cm mesafeden yapılması iyileşmeye olumlu etki yapabilir. Çalışmamızın bu konuda yapılacak çalışmalara öncü olacağını ve literatüre sağladığı yeni bilgiler açısından değerli bir çalışma olduğunu düşünüyoruz.

Anahtar Sözcükler: pes ekinovarus; clubfoot; doğuştan çarpık ayak; aşılotomi seviyesi; aşıl tendonu iyileşmesi; shear wave elastografi

SUMMARY

EVALUATION OF ACHILLES TENDON HEALING AFTER ACHILLES TENOTOMY IN PEDIATRIC PATIENTS WITH PES EQUINOVARUS BY USING ULTRASOUND SHEAR-WAVE ELASTOGRAPHY

Congenital pes equinovarus (clubfoot) is the most common orthopedic deformity, which defines the inverted deformity of the foot, causes serious morbidity when left untreated, and is seen in 1/1000 live births. The aim of the treatment is to have a foot that is close to normal anatomy, the foot is plantigrade on the ground with the correct contact points, has sufficient mobility and is painless. The Ponseti method is considered the gold standard in its treatment and has the best results. The Ponseti method consists of serial casts followed by Achilles tenotomy and orthosis use. In the first stage of our study, we aimed to learn whether SWE can be used in the follow-up of tendon healing after Achilles tenotomy. In the second stage, we aimed to show the healing pattern according to Achilles tenotomies at different levels using SWE. For this purpose, 29 patients were treated with the method described by Ponseti. 2 patients were excluded from the study due to the lack of SWE values, 1 patient due to development of bilateral hip septic arthritis, 2 patients recovering without the need for tenotomy, 1 patient due to the need for tenotomy again and 3 patients not coming to follow-up. Syndromic and positional clubfoot patients were not included in the study. In our study achilles tendons were evaluated with SWE before treatment and at 7 weeks after tenotomy. No statistically significant difference was found between the intact sides of the unilateral cases and the sides with clubfoot in SWE values. When looking at the healing according to the tenotomy levels, it was seen that the tendons healed more softer in those who had tenotomy at 1 cm close to the calcaneus, whereas tenotomies made from 1-2 cm healed stiffer. SWE can be used in monitoring the healing of the Achilles tendon in patients with clubfeet. Achilles tendons in the 1-2 cm tenotomy group reached closer pretenotomy SWE values and stiffer in the same period. Performing tenotomy at a distance of 1-2 cm from the calcaneus may have a positive effect on healing. We think that our study will be a pioneer for studies on this subject and that it is a valuable study in terms of new information it provides to the literature.

Keywords: pes equinovarus; clubfoot; level of achillotomy; achilles healing; shear wave elastography